

---

*SWorld*  
Germany



*Avrunin O.G., Denga O.V., Hbur Z.V., Malenکو S.A., Ovcharuk V.A., Polenova G.T. and etc.*

---

**WISSENSCHAFT FÜR DEN MODERNEN MENSCHEN**  
MEDIZIN, CHEMIE, LANDWIRTSCHAFT, GEOGRAPHIE, ARCHITEKTUR, PHILOLOGIE  
*SCIENCE FOR MODERN HUMAN*  
MEDICINE, CHEMISTRY, AGRICULTURE, GEOGRAPHY, ARCHITECTURE, PHILOLOGY

---

*Included in International scientometric databases*

***MONOGRAPH***

*NetAktivatAV*  
*Karlsruhe 2020*

UDC 001.895

BBK 94

W 77

*Author team:*

Avrunin O.G. (6), Denga O.V. (7), Hbur Z.V. (1, 2, 3, 4, 5), Hudylyna K.G. (13),  
Hurman A.A. (11), Ibrahim Y.A. (6), Khlopytskyi A.A. (8), Kolomoyets A.V. (2, 5),  
Kovalenko I.L. (8), Loshovskaya E.P. (10), Makarchenko N.P. (8), Malenko S.A. (14),  
Mikulina A.D. (12), Mykhalchuk V.M. (1, 2, 3, 4, 5), Nataliia S.O. (6), Nedil'skaya U.I. (9),  
Nekita A.G. (14), Nosova Y.V. (6), Ovcharuk V.A. (10), Polenova G.T. (15),  
Savchenko M.O. (8), Savenkov A.S. (8), Semenov K.A. (7), Serdyuk O.V. (17),  
Shchyrina K.V. (3), Skiba M.I. (8), Stovban M.P. (1, 4), Suima I.P. (16),  
Titova S.V. (11, 12, 13), Todorova E.I. (10), Tolstanov O.K. (2, 3, 4, 5), Vasilyev A.G. (1),  
Vorobyova V.I. (8)

W 77 **Wissenschaft** für den modernen menschen: medizin, chemie, landwirtschaft, geographie, architektur. Book 1. Part 2 / [team of authors: Avrunin O.G., Denga O.V., Hbur Z.V., Malenko S.A., Ovcharuk V.A., Polenova G.T. and etc.]. – Karlsruhe: NetAkhatAV, 2020 – 192 p. : ill., tab.  
ISBN 978-3-9821783-1-8

The monograph contains scientific studies of authors in the field of medicine, chemistry, agriculture, geography, architecture, philology. It may be useful for Doctors, pharmacists, agronomists, architects, philologists, as well as teachers, applicants, graduate students, undergraduates and students of higher educational institutions.

**UDC 001.895**

**BBK 94**

**DOI: 10.30888/978-3-9821783-1-8.2020-01-02**

© Team of authors, 2020

**ISBN 978-3-9821783-1-8**



## *The monograph was prepared by the authors*

1. *Avrunin Oleg Grigorovich*, Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 6 (co-authored)*
2. *Denga Oksana Vasilievna*, ONMEDU, Ukraine, Doctor of Medical Sciences, Professor - *Chapter 7 (co-authored)*
3. *Hbur Zoriana Volodymyrivna*, National Medical Academy of Special Education, P.L. Shupika, Ukraine, Doctor of Science in Public Administration, Professor - *Chapter 1, 2, 3, 4, 5 (co-authored)*
4. *Hudylyna Kateryna Gennadiievna*, Kyiv National Taras Shevchenko University, Ukraine, student, - *Chapter 13 (co-authored)*
5. *Hurman Alina Alexandrovna*, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine, student, - *Chapter 11 (co-authored)*
6. *Ibrahim Younouss Abdelhamid*, Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine, - *Chapter 6 (co-authored)*
7. *Khlopytskyi Aleksey Aleksandrovich*, Higher educational institution "UGHTU", Ukraine, candidate of technical sciences, docent - *Chapter 8 (co-authored)*
8. *Kolomoyets Andrii Volodymyrovych*, National Medical Academy of Advanced Studies P.L. Shupika, Ukraine, Candidate of Medical Sciences, - *Chapter 2, 5 (co-authored)*
9. *Kovalenko Ihor Leonidovich*, Higher educational institution "UGHTU", Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - *Chapter 8 (co-authored)*
10. *Loshovskaya Elena Pavlovna*, Odessa State Ecological University / Hydrometeorological Institute / Department of Land Hydrology, Ukraine, - *Chapter 10 (co-authored)*
11. *Makarchenko Natalia Petrovna*, Higher educational institution "UGHTU", Ukraine, candidate of technical sciences, docent - *Chapter 8 (co-authored)*
12. *Malenko Sergey A.*, Novgorod State University named after Yaroslav the Wise (NovSU), Russia, doctor of philosophical science, Professor - *Chapter 14 (co-authored)*
13. *Mikulina Alina Dmitrovna*, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine, student, - *Chapter 12 (co-authored)*
14. *Mykhalchuk Vasyl Mykolaiovych*, National Medical Academy of Special Education, P.L. Shupika, Ukraine, Doctor of Medical Sciences, Professor - *Chapter 1, 2, 3, 4, 5 (co-authored)*
15. *Nataliia Shushliapina Olehovna*, Kharkov National Medical University, Ukraine, Candidate of Medical Sciences, docent - *Chapter 6 (co-authored)*
16. *Nedil'skaya Ulyana Ivanovna*, Podolsk State Agrarian Technical University, Ukraine, - *Chapter 9*
17. *Nekita Andrey G.*, Novgorod State University named after Yaroslav the Wise (NovSU), Russia, doctor of philosophical science, Professor - *Chapter 14 (co-authored)*



18. *Nosova Yana Vitaliivna*, Kharkov National University of Radio Electronics, Ukraine, candidate of technical sciences, - Chapter 6 (co-authored)
19. *Ovcharuk Valeriya Anatolyevna*, Odessa State Ecological University / Hydrometeorological Institute / Department of Land Hydrology, Ukraine, Doctor of Geographical Sciences, docent - Chapter 10 (co-authored)
20. *Polenova Galina Tikhonovna*, Taganrog Institute named after A.P. Chekhov (branch) of Rostov-on-Don State Economic University (RINH), Russia, Doctor of Philology, Professor - Chapter 15
21. *Savchenko Maria Olegovna*, Higher educational institution "UGHTU", Ukraine, candidate of technical sciences, docent - Chapter 8 (co-authored)
22. *Savenkov Anatoly Sergeevich*, NTU "KhPI", Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor - Chapter 8 (co-authored)
23. *Semenov Konstantin Arnoldovich*, FPO GU "Dnepropetrovsk Medical Academy of the Ministry of Health of Ukraine", Ukraine, Candidate of Medical Sciences, docent - Chapter 7 (co-authored)
24. *Serdyuk Olga Viktorovna*, Dnipro National University named after Oles Honchar, Ukraine, - Chapter 17
25. *Shchyryna Katerina Vasilyevna*, National Medical Academy of Special Education, P.L. Shupika, Ukraine, graduate student, - Chapter 3 (co-authored)
26. *Skiba Margarita Ivanovna*, Higher educational institution "UGHTU", Ukraine, candidate of technical sciences, docent - Chapter 8 (co-authored)
27. *Stovban Mykola Petrovich*, National Medical Academy of Special Education, P.L. Shupika, Ukraine, Candidate of Medical Sciences, docent - Chapter 1, 4 (co-authored)
28. *Suima Irina Pavlovna*, Dnipro National University named after Oles Honchar, Ukraine, Candidate of Philology, - Chapter 16
29. *Titova Svetlana Victorovna*, Kyiv National Taras Shevchenko University, Ukraine, candidate of geographical sciences, docent - Chapter 11, 12, 13 (co-authored)
30. *Todorova Elena Ivanovna*, Odessa State Ecological University / Hydrometeorological Institute / Department of Land Hydrology, Ukraine, candidate of geographical sciences, - Chapter 10 (co-authored)
31. *Tolstanov Oleksandr Kostiantynovych*, National Medical Academy of Advanced Studies P.L. Shupika, Ukraine, Doctor of Medical Sciences, Professor - Chapter 2, 3, 4, 5 (co-authored)
32. *Vasilyev Averyan Grigorjevych*, National Medical Academy of Special Education, P.L. Shupika, Ukraine, graduate student, - Chapter 1 (co-authored)
33. *Vorobyova Viktoria Ivanovna*, NTU "KPI", Ukraine, candidate of technical sciences, Senior Lecturer - Chapter 8 (co-authored)



## Content

### CHAPTER 1. FOREIGN EXPERIENCE OF THE ESTABLISHMENT OF HOSPITAL DISTRICT IN THE MEDICAL SPHERE

Introduction.....	9
Medical system of France.....	10
Health indicators of Ukraine and the countries of the European Union.....	14
Medical expenses .....	18
Conclusions .....	20

### CHAPTER 2. USE OF LOGISTICS IN THE REGIONAL HOSPITAL MANAGEMENT

Introduction.....	21
Varieties of logistics processes in a medical institution .....	21
Model of one of the logistics chains in the regional clinical hospital.....	22
Factors of satisfaction of medical staff with their work.....	23
Model of external and internal logistics.....	25
Conclusions .....	29

### CHAPTER 3. RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE FINANCIAL AND ECONOMIC ACTIVITY OF THE SKIN AND VENEROLOGICAL DISPENSER № 2 DESNYANSKY DISTRICT OF M. KIEV

Introduction .....	30
Characteristics of the Dispensary .....	30
Power and directions of work of the Dispensary.....	32
The main indicators of financial and economic activity for the period 2017 - 2019 and their analysis .....	33
Measures to increase the cost of services to the Dispensary.....	37
Conclusions .....	39

### CHAPTER 4. PECULIARITIES OF HOSPITAL DISTRICTS OF DIFFERENT REGIONS OF UKRAINE

Introduction .....	40
The purpose and objectives of creating hospital districts in Ukraine.....	41
Hospital district development plan .....	42
Separate hospital districts in some regions of Ukraine.....	45
Conclusions.....	48

### CHAPTER 5. LOGISTICS AS THE BASIS OF HEALTH CARE MANAGEMENT

Introduction.....	49
The concept of logistics and logistics management in medicine .....	50
Tasks of logistics in medicine at the macro and micro levels.....	51
Areas of logistics management in medicine.....	53
Conclusions.....	55



## CHAPTER 6. PREPARATION OF A SPATIAL MODEL FOR RAPID PROTOTYPING OF THE UPPER RESPIRATORY TRACT

Introduction .....	57
Possibilities for predicting nasal aerodynamics using full-scale models.....	57
Features of introsopic visualization of the upper respiratory tract .....	57
Features of pretreatment and segmentation of the upper respiratory tract according to tomographic data.....	58
Multi-angle visualization and stages of prototyping spatial models of the upper respiratory tract.....	62
Conclusions.....	67

## CHAPTER 7. DIAGNOSIS OF DISEASES OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT ON THE BASIS OF GENETIC STUDIES

Introduction.....	68
Genetic markers characterizing the predisposition and nature of the course of TMJ diseases.....	69
Genetic studies in the specification of diseases of the temporomandibular joint .....	74
Assessment of polymorphism of the genes of bone metabolism of the joint, genetic markers of inflammation and detoxification .....	76
Conclusions .....	78

## CHAPTER 8. OBTAINING INTEGRATED MINERAL FERTILIZERS BASED ON ASH AND SLAG WASTE

Introduction.....	79
Characteristics of raw materials .....	79
Methodology of the experiment .....	80
Analysis of the research results .....	89
Conclusions.....	92

## CHAPTER 9. FEATURES OF BIOLOGICAL PHENOMENA IN THE LIFE OF POTATOES

Introduction.....	93
Characteristics of flowering and berry formation of parent components .....	93
Potato sample hybridization performance.....	96
Conclusions.....	99

## CHAPTER 10. MAXIMUM RUNOFF OF SPRING FLOOD IN THE GORIN RIVER BASIN

Introduction.....	100
Brief physical and geographical characteristics .....	100
Method recommended for normalization of the characteristics of the maximum runoff of spring floodplain in the basin of the river Goryn ...	101



Analysis of the homogeneity of the time series of the maximum runoff of the spring floodplain in the basin of the Goryn River.....	102
Statistical processing of time series of maximum water consumption and runoff layers of spring floodplain in the basin of the Goryn River.	106
Spatial generalization of the calculated layers of spring water runoff in the Goryn basin.....	107
Determination of the calculated characteristics of the slope inflow for the basin of the river Goryn.....	110
<i>The coefficient of non-uniformity of the slope inflow.....</i>	<i>110</i>
<i>Duration of water inflow from the slopes to the channel network.....</i>	<i>110</i>
<i>Maximum modules of slope inflow.....</i>	<i>112</i>
<i>Verified calculations .....</i>	<i>113</i>
Conclusions .....	113

## **CHAPTER 11. CURRENT SITUATION AND CONDUCTING ADVISORY MEASURES ON DISPARSED LANDS**

Introduction.....	114
Existing problems and current state of lands in Ukraine .....	114
Reclamation of disturbed lands as the main measure of their restoration	116
Consequences of mining .....	118
Conclusions .....	120

## **CHAPTER 12. PROBLEMS OF CHANGE IN REGULATORY MONETARY ASSESSMENT OF AGRICULTURAL LAND**

Introduction.....	121
Modern aspects of regulatory and monetary valuation of agricultural land .....	121
The use of cartographic method for research .....	124
Conclusions .....	126

## **CHAPTER 13. THE FEATURES OF FORMATION OF CADASTRAL CASE IN UKRAINE**

Introduction.....	127
13.1. Historical aspects of cadastre development on the territory of Ukraine	128
13.2. Carrying out the analysis of formation of cadastral business in Ukraine .....	130
Conclusions .....	132



## CHAPTER 14. THE IDEOLOGY OF DEPRESSIVE SOCIALIZATION: THE THANATOLOGY OF EDUCATIONAL MANAGEMENT IN AMERICAN HORROR FILMS

Introduction.....	133
Visual strategies of human socialization in the tradition of American horror films.....	133
Disciplinarity of educational spaces in the images of American horror movies.....	139
Conclusions .....	145

## CHAPTER 15. SOME QUESTIONS OF DIACHRONIA OF THE GERMAN LANGUAGE IN TYPOLOGICAL LIGHTING EINIGE FRAGEN ZUR DIACHRONIE DER DEUTSCHEN SPRACHE AUS DER TYPOLOGISCHEN SICHT

Introduction / <i>Einleitung</i> .....	147
The origins of the German infinitive suffix / <i>Die Ursprünge des deutschen Infinitivsuffixes</i> .....	147
Diachronic typology of German analytical constructions with the verb "sein" / <i>Diachronic typology of German analytical constructions with the verb "sein"</i> .....	150
Diachronic typology of the German nominative / <i>Diachrone Typologie des deutschen Nominativs</i> .....	152
Conclusions .....	158

## CHAPTER 16. EVASIVE RESPONSIVES AS A TYPE OF VERBAL REACTION

Introduction.....	159
Evasive response in the form of denial of question.....	159
Responsive replicas with the denial of answer.....	162
Responsive replicas with refusing from cooperation.....	163
Conclusions.....	165

## CHAPTER 17. DETERMINATION OF THE FIGURATIVE-VALUE COMPONENTS OF THE CAT CONCEPT IN ENGLISH

Introduction.....	167
Metaphorical embodiment of the concept of CAT.....	167
Associative experiment as a way to identify the figurative component of the concept of SAT .....	170
Conclusions .....	171



## CHAPTER 6. PREPARATION OF A SPATIAL MODEL FOR RAPID PROTOTYPING OF THE UPPER RESPIRATORY TRACT

DOI: 10.30888/978-3-9821783-1-8.2020-01-02-044

### **Возможности прогнозирования назальной аэродинамики по натурным моделям**

В настоящее время одной из наиболее актуальных социальных проблем во всех индустриально развитых странах мира является разработка и внедрение новых технологий для повышения качества оказания медицинской помощи, что подтверждается, в частности, приоритетными направлениями программы «Horizon 2020» (ProgramEU "Horizon 2020 / H2020 »). Применение современных информационных технологий позволяет существенно повысить качество функциональной диагностики различных патологий за счет предоставления клиницисту дополнительной, расширенной информации о патологическом процессе [1, 2].

Несмотря на то, что в индустриально развитых странах по статистическим данным только риносинуситом страдают около 10% населения, ринология является одной из наименее обеспеченной доказательными средствами функциональной диагностики областей медицины [3–5]. Это проявляется в том, что, несмотря на возможности современной риноманометрической аппаратуры и соответствующих специализированных программных средств, позволяющих определять и рассчитывать аэродинамические показатели с достаточно высокой точностью, не существует четкой корреляции между субъективными ощущениями пациента и характеристиками назального воздушного потока [6–8].

Основные закономерности аэродинамики верхних дыхательных путей изучены достаточно хорошо [9, 10]. Однако, на данном этапе целесообразно оценивать не только макро-показатели воздушного потока, но и исследовать пристеночные течения, показатели которых непосредственно влияют на слизистую оболочку носовой полости с ее морфо-функциональными особенностями и расположенными в ней нервными окончаниями, что позволит более детально оценить влияние воздушного потока на патогенез некоторых ринологических заболеваний [11]. На основании этих данных с помощью методов компьютерного планирования хирургических вмешательств и моделирования необходимой конфигурации носовой полости можно прогнозировать функциональный результат операции.

### **Особенности интроскопической визуализации верхних дыхательных путей**

Внедрение технологий быстрого прототипирования в ринологию позволяет опираться на прогнозирование функционального результата операции не только по математическому моделированию процесса протекания воздуха в полости носа при дыхании, но и с учетом натурального анализа аэродинамической модели исследуемой области. Внедрение таких технологий



моделирования выводит процесс планирования хирургических операций на качественно новый уровень и повышает достоверность результатов процедур, связанных с прогнозированием функциональных результатов хирургических вмешательств [12, 13].

Предлагаемая работа является частью научного исследования, направленного на изучение пристеночных воздушных течений при норме и типичных патологиях на пространственных моделях верхних дыхательных путей, полученных по технологии 3D-прототипирования по данным томографических исследований конкретных пациентов, с учетом индивидуальной вариабельности, что позволит выявить возможные механизмы влияния воздушного потока на слизистую оболочку носовой полости и повысить достоверность функциональной диагностики нарушений носового дыхания и увеличить эффективность проведения компьютерного планирования ринохирургических вмешательств.

Объектом исследования являются процессы разработки и анализа аэродинамических характеристик индивидуальных натуральных 3D-моделей верхних дыхательных путей человека, которые создаются за счет технологии быстрого прототипирования (3D-принтинга) по данным компьютерной томографии.

Основным аспектом работы является подготовка сегментированной 3D-модели верхних дыхательных путей для выполнения натурального прототипирования.

При заболеваниях верхних дыхательных путей часто наблюдаются нарушения конфигурации носовых ходов и анастомоз околоносовых пазух [14, 15]. Довольно большое количество публикаций было посвящено изучению пространственного расположения анатомических объектов и аэродинамике полости носа [16, 17]. Однако проблема визуализации этой области в контексте процедур хирургического планирования находится только на начальной стадии разработки [18, 19]. Традиционно интроскопическая диагностика заболеваний полости носа и повреждений лицевого скелета проводилась с помощью рентгенографии [20]. На современном этапе для определения конфигурации верхних дыхательных путей целесообразно использовать данные рентгеновской спиральной компьютерной томографии (КТ), которая позволяет идентифицировать костные и воздушно-капельные структуры с пространственным разрешением менее 1 мм [21, 22]. Определение морфометрических параметров этих структур из плоских томографических срезов в интерактивном (ручном) режиме является довольно трудоемкой процедурой, которая также предоставляет небольшое количество информации об их пространственной конфигурации. Поэтому разработка алгоритмов автоматической сегментации и пространственной визуализации верхних дыхательных путей являются актуальными [23, 24].

### **Особенности предварительной обработки и сегментации верхних дыхательных путей по томографическим данным**

Исходными данными являлись наборы данных (DataSets), полученные в



результате исследований с помощью спиральной компьютерной томографии (СКТ). Данный метод исследования на современном этапе позволяет получить наиболее достоверную информацию о локализации анатомических структур верхних дыхательных путей и является наиболее оптимальным методом интроскопической диагностики по совокупности основных показателей, таких как разрешающая способность, контрастность отображения анатомических структур, интерпретируемость результатов визуализации и доступность [25]. Наборы изображений аксиальных томографических срезов толщиной 1 мм, были получены с помощью томографа Siemens Somatom + Emotion в соответствии с протоколом сканирования параллельно плоскости основания черепа при стандартной укладке головы пациента.

В общем случае процесс автоматизированного анализа интраскопических изображений включает в себя стадии предварительной обработки, сегментации, описания объектов (определения признаков) и их классификацию. Основной причиной сравнительно низкого уровня автоматизации программных продуктов для анализа медицинских изображений [26, 27] является высокая вариабельность большинства анатомических структур. Поэтому совершенствование существующих и разработка новых методов и подходов для автоматизированного анализа и, в первую очередь, для сегментации интраскопических изображений должны быть основаны на изучении специфики отображения исследуемых объектов.

Наборы данных исходных томографических изображений преобразовывались из универсального формата DICOM-3 (Digital Imaging and Communications in Medicine) в растровый формат BMP (Bitmap) для последующей обработки. Растровый формат BMP выбран для хранения изображений томографических срезов без сжатия и соответствующих артефактов и искажений.

Преобразование выполнялось с помощью разработанной программной утилиты, позволяющей считывать метаданные DICOM – файла, определять количество выполненных в результате обследования томографических срезов и их нумерацию, причем номер файла каждого аксиального томографического среза соответствует его  $z$  – координате при восходящей индексации от самого нижнего среза.

Учитывая, что изображения томографических срезов имеют пространственную разрешающую способность  $512 \times 512$  элементов, а количество срезов для области головы достигает 250, то для представления исходных данных целесообразно выделить 3-х мерный массив значений интенсивности  $B(i, j, k) \in [0; 255]$ ,

$$\begin{aligned} i &= (x_i - x_0) / \Delta x \\ j &= (y_i - y_0) / \Delta y \\ k &= (z_i - z_0) / \Delta z \end{aligned}$$

где  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  и  $\Delta z$  – пространственные разрешения по координатам  $x$ ,  $y$  и  $z$  соответственно,



$x_0, x_i, y_0, y_i, z_0, z_i$  – начальные и текущие координаты элементов изображения,

$i, j$  и  $k$  – координатные индексы, причем

$i \in [0, I_m - 1]; j \in [0, J_m - 1]; k \in [0, K_m - 1]$ ,

где  $I_m, J_m, K_m$  – количество дискретных элементов данных по соответствующим осям ( $i, j \in [0; 511], k \in [0; 249]$  для используемых наборов данных).

Функция интенсивности  $B(i, j, k)$  принимает дискретные значения  $B(i, j, k) \in [0; 255]$ . Учитывая, что все данные томографических обследований представляются в цифровом виде, значения индексов  $i, j$  и  $k$  элементов изображения далее по контексту могут тождественно заменяться на  $x, y, z$  ( $B(i, j, k) \Leftrightarrow B(x, y, z)$ ) с целью сокращения количества индексов. Массив  $B(i, j, k)$  фактически является воксельным представлением пространственной области сканирования, где интенсивность каждого элемента объема (воксела) пропорциональна коэффициенту линейного ослабления рентгеновского излучения в данном элементе объема. После предварительной обработки изображений, связанной с устранением шумов, выполнялась процедура графического вывода объемной модели на основе визуализации воксельной модели

$$\text{Voxel\_output}(i, j, k, \Delta x, \Delta y, \Delta z, r, g, b, \alpha_c),$$

где  $i, j, k$  – дискретные координаты воксела (одной из его базовых вершин),

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$  – размеры воксела по соответствующим осям координат,

$r, g, b$  – цветовые составляющие уровня интенсивности в системе  $RGB$ ,

$\alpha_c$  – степень прозрачности воксела ( $\alpha$ -канал).

Таким образом, например, для отображения обобщенной воксельной модели по послойным томографическим данным необходимо определить количество срезов, размеры изображения, диапазон визуализируемых уровней интенсивности, а также координаты, размеры, цвет и степень прозрачности выводимых элементов объема.

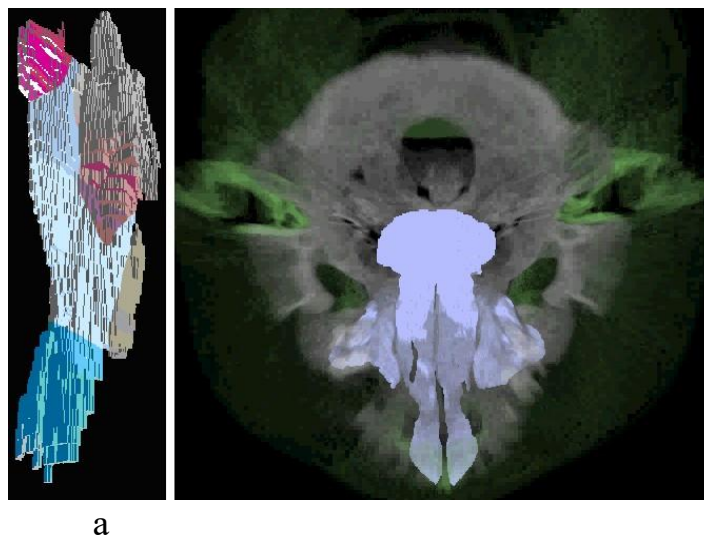
Для выполнения стандартных процедур 3-х мерной визуализации в работе используется прикладной программный интерфейс API OpenGL, обеспечивающий выполнение таких базовых функций, как описания примитивов и их атрибутов, управления видовыми параметрами и геометрическими преобразованиями.

При непосредственной визуализации объемных данных целесообразно применять модифицированный метод буфера глубины, который за счет хранения дополнительной информации об идентификации, степени прозрачности и учета интенсивности элементов, находящихся на луче проецирования, будет выполнять графический вывод.

При воксельной визуализации отображаются с задаваемым уровнем детализации внутренние анатомические структуры головы, такие как кости,



воздухоносные полости, сосуды, мягкие ткани, желудочки, серое и белое вещество. При этом разным анатомическим структурам в обобщенной воксельной модели соответствуют свои уровни интенсивности или цвета в режиме отображения с псевдоокрашиванием (рис. 1, а) или визуализация выполняется в режиме полупрозрачности окружающих тканей (рис. 1, б).



**Рис. 1. Примеры визуализации обобщенных воксельных моделей:**

*а – обобщенная воксельная модель верхних дыхательных путей в режиме псевдоокрашивания отдельных анатомических объектов; б – обобщенная воксельная модель головы с отображением полости носа и придаточных пазух в режиме полупрозрачности окружающих тканей*

Для аппроксимации поверхностей анатомических объектов используются вершины внешних граней (прямоугольников) их граничных вокселей. Далее выполняется процедура триангуляции – преобразования полученной полигональной области со сложной конфигурацией в набор треугольников. Выбор треугольников как графических примитивов объясняется тем, что треугольник является простейшим полигоном, вершины которого однозначно задают грань, а так же меньшей вычислительной сложностью алгоритмов разбиения и визуализации, которые в большинстве современных графических станций реализуются аппаратно.

Для задачи построения сегментированной модели верхних дыхательных путей применялась модифицированная обобщенная воксельная модель, содержащая данные как об интенсивности элементов объема, так и сведения об их принадлежности к определенным анатомическим структурам, а также дополнительные характеристики (идентификаторы), например, степени риска повреждения функциональных областей, физические свойства и т.д. [28]. Причем, для хранения вышеперечисленных данных предложены специальные структуры – графические буферы (G-буферы - Graphic buffers) RGB, N (характеристический) и ID (идентификационный), соответственно. Такой вид представления объемных данных может соответственно называться информационной воксельной моделью для виртуального компьютерного





$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 0 \end{bmatrix}$$

И координаты точки

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

Преобразование координат точки можно представить в аналитическом виде:

$$\begin{cases} X = Ax + By + Cz + D; \\ Y = Ex + Fy + Gz + H; \\ Z = Kx + Ly + Mz + N, \end{cases}$$

или в матричной форме с использованием равномерного представления:

$$T = M \cdot T' = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B & C & D \\ E & F & G & H \\ K & L & M & N \\ P & R & Q & S \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$

где  $A, B, \dots, N$  константы.

Отображение в операционном поле осуществляется в системе координат операционного поля ( $X_{op}, Y_{op}, Z_{op}$ ) используя матрицу преобразования:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x_{op} \\ 0 & 1 & 0 & y_{op} \\ 0 & 0 & 1 & z_{op} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где  $x_{op}, y_{op}, z_{op}$  являются координатами базовой точки объекта в системе координат операционного поля.

Перемещение объекта на  $dx, dy, dz$  соответственно выполняется с использованием матрицы переноса:

$$\begin{cases} X = x - dx; \\ Y = y - dy; \\ Z = z - dz; \end{cases} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -dx \\ 0 & 1 & 0 & -dy \\ 0 & 0 & 1 & dz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Далее осуществляется преобразование системы координат операционного поля в систему координат дисплея с помощью проективного преобразования. В качестве типа проекции выбирается параллельная ортографическая проекция, матрица преобразования которой указана в виде:

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & -\frac{x_r + x_l}{x_r - x_l} \\ 0 & \frac{2}{y_t - y_b} & 0 & -\frac{y_t + y_b}{y_t - y_b} \\ 0 & 0 & \frac{-2}{z_f - z_n} & -\frac{z_f + z_n}{z_f - z_n} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

где  $x_r, x_l, y_t, y_b, z_f, z_n$ , ограничивающие координаты трехмерной области видимости по осям  $x, y, z$  соответственно. Данные действия выполняются с помощью процедуры библиотеки OpenGL `glOrtho()`. Вызов процедуры осуществляется с параметрами `glOrtho(-2.5, 2.5, -2.5, 2.5, -12, 12)`, задающими область вывода с шириной и высотой по 5 относительных единиц, а расстояние между передней и задней плоскостями отсечения составляет 24 относительных единицы.

Далее картинная плоскость отображается на окно графического вывода с помощью процедуры `glViewport(xp0, yp0, w, h)`, первые два параметра которой задают начальные координаты области вывода, а последние две – ширину и высоту области вывода. Вывод осуществляется на стандартный компонент VCL TPanel (графическая панель) со свойствами `panel1.width`, `panel1.Height`. Соответственно вызов процедуры `glViewport()` выполняется следующим образом: `glViewport(0, 0, panel1.width, panel1.Height)`.

Для осуществления исчерпывающей многоракурсной визуализации необходимо предусмотреть выполнение геометрических преобразований. Затем выполняются геометрические преобразования, связанные с дополнительными перемещениями, поворотами, и масштабированием. Операция масштабирования выполняется с помощью команды `glScalef(kx, ky, kz)`, параметры которой определяют масштабные коэффициенты по соответствующим осям координат. Соответствующая матрица преобразования приводится ниже:

$$\begin{cases} X = x/k_x, \\ Y = y/k_y, \\ Z = z/k_z, \end{cases} \begin{bmatrix} 1/k_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/k_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/k_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

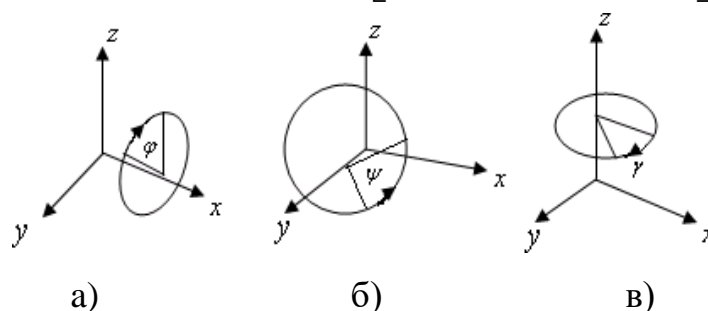
Повороты осуществляются с помощью использования тригонометрических функций в коэффициентах матрицы преобразований. Универсальной процедурой библиотеки OpenGL для выполнения поворотов является `glRotatef(φ, x, y, z)`, первый параметр которой указывает величину угла



поворота, остальные три задают ось, относительно которой выполняется поворот. Рассмотрим матрицы поворота относительно основных осей координат.

Поворот вокруг оси на угол (см Рис.2).

$$\begin{cases} X = x, \\ Y = y \cos \phi - z \sin \phi, \\ Z = y \sin \phi + z \cos \phi, \end{cases} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi & 0 \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



**Рис. 2. Вращение**

- a) Вращение вокруг оси  $x$  с углом  $\phi$ ; б) Вращение на угол  $\psi$  вокруг оси  $y$ ;  
в) Вращение вокруг оси  $z$  на угол  $\gamma$

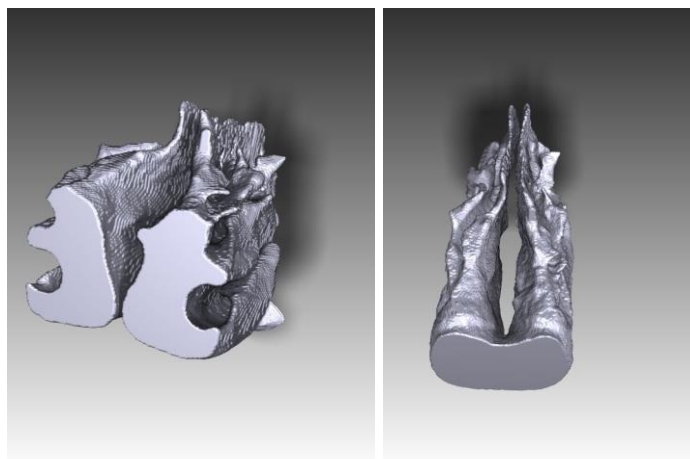
Вращение вокруг оси  $y$  на угол  $\psi$

$$\begin{cases} X = x \cos \psi - z \sin \psi, \\ Y = y, \\ Z = x \sin \psi + z \cos \psi, \end{cases} \begin{bmatrix} \cos \psi & 0 & -\sin \psi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \psi & 0 & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Вращение вокруг оси  $z$  на угол  $\gamma$

$$\begin{cases} X = x \cos \gamma - y \sin \gamma, \\ Y = x \sin \gamma + y \cos \gamma, \\ Z = z, \end{cases} \begin{bmatrix} \cos \gamma & -\sin \gamma & 0 & 0 \\ \sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Результаты многоакурсной визуализации сегментированной пространственной модели верхних дыхательных путей приводятся на рисунке 3., во фронтальной проекции (на рис. 3,а) и в аксиальной проекции (на рис 3, б), соответственно. В результате сегментации и постобработки была получена трехмерная модель верхних дыхательных путей в формате STL [29]. Далее, полученная модель (рис. 3, а) преобразуется в формат устройства для быстрого прототипирования (G-code) с помощью слайсера Cura, и напечатана (см. рис. 3, б) с помощью 3D принтера Wanhao Duplicator i3 материалом на основе PLA - пластика.



а

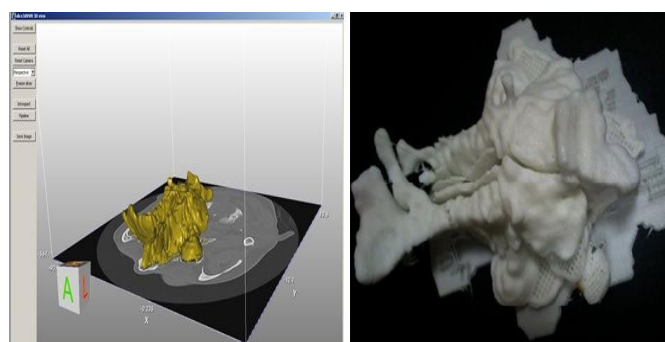
б

**Рис.3. Сегментированная 3D-модель верхних дыхательных путей,  
а) вид во фронтальной проекции, б) вид в аксиальной проекции**

Таким образом, задача создания натурной модели верхних дыхательных путей с помощью средств быстрого прототипирования по данным спиральной компьютерной томографии состоит из 4-х основных этапов:

- сегментация - выделение на изображениях томографических срезов воздухоносных полостей верхних дыхательных путей (рис. 1);
- подготовка данных для прототипирования в формате stl;
- создание послойной модели верхних дыхательных путей в формате G-кода для 3D- печати на конкретном оборудовании (рис. 4, а);
- 3D-печать натурной модели (рис. 4, б).

На основе проведенных исследований планируется разработать теоретические основы компьютерного планирования восстановительных ринохирургических вмешательств у пациентов с хроническими заболеваниями полости носа [30, 31], основанные на изменении конфигурации анатомических структур полости носа с учетом аэродинамических параметров дыхания [32] при верификации данных теоретических исследований экспериментальными показателями, которые будут получены на реконфигурированных натурных моделях (рис.4).



а)

б)

**Рис. 4. Персонализированная модель верхних дыхательных путей по данным спиральной компьютерной томографии:**

*а) виртуальная модель; б) натурная модель*



Разработка и исследование натуральных моделей верхних дыхательных путей позволит дополнить и расширить знания об аэродинамических характеристиках полости носа для принятия решений о проведенной терапии в динамике.

### **Выводы**

Основными этапами создания натурной модели верхних дыхательных путей по данным спиральной компьютерной томографии с помощью средств быстрого прототипирования являются сегментация воздухоносных полостей, подготовка данных для прототипирования в формате stl; преобразование модели в G-код для печати на конкретном оборудовании и, непосредственно, изготовление – 3D печать натурной модели. Далее планируется изготовление пневматического испытательного стенда для определения по данным от преобразователей давления и расхода воздуха, расположенных в контрольных позициях полученных натуральных моделей, аэродинамических характеристик верхних дыхательных путей и соответствие теоретических и экспериментальных показателей. Исследование натуральных моделей верхних дыхательных путей позволит провести оценку адекватности математического моделирования процессов назальной аэродинамики при различных режимах дыхания и типичных патологиях носовой полости с учетом аспектов индивидуальной variability.

### **Благодарности.**

Программа обмена со странами Восточной Европы, финансируемая DAAD (Ostpartnerschaften, проект № 54364768) и совместным украинско-германским проектом MESU-BMBF 2019-2020 «3D-модель - внедрение быстрого прототипирования для проектирования и моделирования верхних дыхательных путей в норме и типичных патологиях».



## References

1. 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
2. Avrunin O.G., Nosova Y.V., Shuhlyapina N.O., Zlepko S.M., Tymchyk S.V., Notra O., Imanbek B., Kalizhanova A., Mussabekova A., Principles of computer planning in the functional nasal surgery. *Przegląd Elektrotechniczny* 93(3)/2017, 140-143.
3. Аврунин О. Г. Методы и средства функциональной диагностики внешнего дыхания / О. Г. Аврунин, Р. С. Томашевский, Х. И. Фарук. – Харьков: ХНАДУ, 2015. – 208 с
4. A.M. Halawi, S.S. Smith, Chandra R.K. Chronic rhinosinusitis: epidemiology and cost. *Allergy Asthma Proc.* 2013, 34(4):328–334.
5. Govidaraj S. Endoscopic sinus surgery: evolution and technical innovations / S. Govindaraj, N. Adappa, D. Kennedy // *J. Laryngol. Otol.* – 2010. – № 24(3). – P. 242-250.
6. Avrunin O. Extended of Diagnostic Capabilities for the Rhinomanometry Method / O. Avrunin, N. Shushlyapina, J. Ivanchenko // Chapter 5.1 (315-321 p.) in *Spatial aspects of socioeconomic systems' development: the economy, education and health care. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole.* – Publishing House WSZiA, 2015. – 380 p.
7. Correlation between subjective assessment and objective measurement of nasal obstruction/ G. Zhang, R. Fenton, R. Rival et al. // *Zhonghua.* – 2008. – №43(7). – P. 484-489.
8. Аврунин О. Г. Сравнение дискриминантных характеристик риноманометрических методов диагностики / О.Г. Аврунин, В.В. Семенец, П.Ф. Щапов // *Радіотехніка.* – 2011. – 164. – С. 102–107.
9. Oleg G Avrunin, Yana V Nosova, Victor G Paliy, Natalia O Shushlyapina, Maksat Kalimoldayev, Paweł Komada, Azhan Sagymbekova. Study of the air flow mode in the nasal cavity during a forced breath. *Proceedings Volume 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017; 104453H (2017); doi: 10.1117/12.2280941*
10. Rhinoseptoplasty, outcomes and perspectives / A. Zhuravlev, M. Kalashnik, O. Avrunin et al. // *Folia otorhinolaryngologica.* – 2011. – Vol. 17. – №3. – P. 8-12.
11. Nosova, Ya.V., Faruk, Kh.I., Avrunin, O.G. A tool for researching respiratory and olfaction disorders. *Telecommunications and Radio Engineering.* Vol.77 (15), (2018), P. 1389-1395; DOI: 10.1615/TelecomRadEng.v77.i15.90
12. Аврунін О.Г., Бодяньський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Шушляпіна Н.О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання: монографія / О.Г. Аврунін, Є.В. Бодяньський., В.В. Семенець, В.О. Філатов, Н.О. Шушляпіна – Харьков:



ХНУРЕ, 2018. – 125 с.

13. Носова Я.В. Визуализация обонятельной щели / Я.В. Носова, Н.О. Шушляпина, Т.В. Носова // Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХП». – 2015 р. – №39 (1148). – С. 73–77.

14. Аврунін О.Г., Бодяньський Є.В., Калашник М.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 248 с. doi: 10.30837/978-966-659-234-0

15. Vogt K., Jalowayski A. A. 4-Phase-Rhinomanometry Basics and Practice. *Rhinology*. № 21 (2010), P. 1–50.

16. Study and application of a mathematical model for the provisional assessment of areas and nasal resistance, obtained using acoustic rhinometry and active anterior rhinomanometry/ G. Zambetti, M. Moresi, R. Romeo, F. Filiaci // *Clin. Otolaryngol. Allied Sci.* – 2001. – №26 (4). – 286-293.

17. Cole P., Fenton R. Contemporary rhinomanometry. *Otolaryngol.* № 35(2), (2006), P. 83-87.

18. Аврунін О.Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных/ О. Г. Аврунін // Вісник НТУ «ХП». – 2006. – № 23.– С. 3-8.

19. Аврунін О. Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии/ О.Г. Аврунін //Радиоэлектроника и информатика.– 2007. – № 4. – С. 119–122.

20. Шамраева, Е. О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях / Е. О. Шамраева, О. Г. Аврунін // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – 2006. – № 2 (65). – С. 83–87.

21. Книгавко, Ю. В. Система компьютерного планирования пластических вмешательств на лице человека методом объемной деформации / Ю. В. Книгавко, О. Г. Аврунін // Функциональная база нанoeлектроники : сб. науч. тр. V Междунар. науч. конф., 30 сент. – 5 окт. 2012 г. – Х. ; Кацивели : ХНУРЭ, 2012. – С. 302–305.

22. Аврунін, О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунін, М. Ю. Тымкович, Х. И. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013. – № 2 (81). – С. 101–104.

23. Oleg G. Avrunin, Maksym Y. Tymkovych, Sergii P. Moskovko, "Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain", *Przegląd Elektrotechniczny*, vol. 3, pp. 102-105, 2017.

24. Comparison between manual and semi-automatic segmentation of nasal cavity and paranasal sinuses from CT images // K. Tingelhoff, AL. Moral, M. Kunkel et al. / *Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.* – 2007. – P. 5505-5508.

25. Dimensional changes of the nasal cavity after transpalatal distraction using bone-borne distractor: an acoustic rhinometry and computed tomography evaluation / A. Aras, M. Akay, I. Cukurova et al. // *J. Oral Maxillofac. Surg.* – 2010. – № 68 (7). – P. 1487-1497.

26. Nasal airway volume and resistance to airflow / G. Zhang, P. Solomon, R. Rival et al. // *Am. J. Rhinol.* – 2008. – № 22(4). – P. 371-375.



27. Книгавко Ю.В., Аврунин О.Г. Алгоритмы программного рендеринга трехмерной графики для задач медицинской визуализации // *Технічна електродинаміка, тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»*, частина 1, с. 258-261.

28. Книгавко Ю.В., Аврунин О.Г. Методы визуализации томографических данных при планировании хирургических вмешательств на лице человека // *МРФ'2011, Том 3*, с.35-38.

29. П'ятикоп, В. О. Сучасні технології фантомного моделювання в нейрохірургії як різновид симуляційного навчання лікарів-нейрохірургів / В.О. П'ятикоп, О.Г. Аврунін, М.Ю. Тимкович, І.О. Кутовий, І.О. Полях // *Матеріали навчально-методичної конференції Симуляційне навчання в системі підготовки медичних кадрів, Харків, ХНМУ.– 2016.– С.136- 138.*

30. Oleg G. Avrunin, Natalia O. Shushlyapina, Yana V. Nosova, Wojciech Surtel, Aron Burlibay, Maral Zhassandykyzy. Method of expression of certain bacterial microflora mucosaol factory area. *Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications, 2015, 98161L (December 18, 2015)*, doi:10.1117/12.2229074.

31. Носова Я.В. Разработка метода экспресс-диагностики бактериальной микрофлоры полости носа / Я. В. Носова, Х. И. Фарук, О. Г. Аврунин // *Проблеми інформаційних технологій. – Херсон: ХНТУ, 2013. – №13. – С. 99-104.*

32. Аврунин О.Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О.Г. Аврунин, Я.В. Носова, С.А. Худаева. // *Тези доповіді 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні».* – 2018. – С. 117 – 119.