

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова**  
**кафедра біологічної фізики, медичної апаратури та інформатики**



**МАТЕРІЛИ ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ З МІЖНАРОДНОЮ УЧАСТЮ**

**«МЕДИКО-ТЕХНІЧНА СПІВПРАЦЯ ЗАРАДИ ПЕРЕМОГИ: АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ  
МЕДИЧНОЇ, БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ»**

**5-6 квітня 2024 року**  
**м.Вінниця**

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**

**Вінницький національний медичний університет  
ім. М.І. Пирогова**

**МАТЕРІАЛИ ІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-  
ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ З МІЖНАРОДНОЮ  
УЧАСТЮ**

**«МЕДИКО-ТЕХНІЧНА СПІВПРАЦЯ ЗАРАДИ  
ПЕРЕМОГИ: АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ МЕДИЧНОЇ,  
БІОЛОГІЧНОЇ ФІЗИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ»**

**5-6 квітня 2024 року**

**м. Вінниця**

УДК 577.35+004

ISBN 978-617-7417-21-6 (електронне видання)

### **ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР**

Доктор медичних наук, професор, голова вченої ради  
«Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова»,

**Вікторія ПЕТРУШЕНКО**

### **ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА**

проректор з наукової роботи

ЗВО «Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова»,  
доктор медичних наук, професор

**Олег ВЛАСЕНКО**

завідувач кафедри біологічної фізики, медичної апаратури та інформатики  
ЗВО «Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова»,  
доктор технічних наук, професор

**Анатолій КУЛИК**

### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Анатолій ПОВОРОЗНЮК**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Комп'ютерна інженерія та програмування, ЗВО Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»;

**Юрій ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ**, доктор технічних наук, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем «Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича»;

**Ірина ЖУРАВСЬКА**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерної інженерії ЗВО «Чорноморський національний університет імені Петра Могили»;

**Володимир ФЕДІВ**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри біологічної фізики та медичної інформатики, ЗВО «Буковинський державний медичний університет»;

**Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кафедри біологічної фізики, медичної апаратури та інформатики ЗВО «Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова» (**ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР**)

**Медико-технічна співпраця заради перемоги: Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики.** Матеріали доповідей та виступів III всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 5-6 квітня 2024 року Вінниця. – Вінниця: Едельвейс. – 230 с.

УДК 577.35+004

ISBN 978-617-7417-21-6 (електронне видання)

Збірник містить матеріали доповідей та виступів учасників III всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Медико-технічна співпраця заради перемоги: Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики» яка зареєстрована на сайті [Наукові заходи для ЗВО – Інститут модернізації змісту освіти \(imzo.gov.ua\)](http://Наукові заходи для ЗВО – Інститут модернізації змісту освіти (imzo.gov.ua)) в розділі наукові заходи для ЗВО, перелік проведення наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки в системі Міністерства освіти і науки України на 2024 рік [ПЕРЕЛІК - Зміни 2024 \(1\).pdf - Google Диск](#) за номером 921. Конференція відбулась в Вінницькому національному медичному університеті ім. М.І. Пирогова 5-6 квітня 2024 року. У поданих матеріалах висвітлюється широке коло актуальних проблем розвитку теоретичних та практичних аспектів, пов'язаних з використанням технічних засобів та інформаційних технологій в галузях медицини та біології.. Збірник призначено для науковців, викладачів закладів вищої освіти, аспірантів, магістрів, здобувачів, і студентів.

Матеріали подані в авторській редакції. Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір, точність наведених фактів, цитат, даних, власних імен, посилань, грамотність, літературний стиль та інші відомості. Редколегія залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали. Рукописи не повертаються. Організатори конференції та члени редколегії не завжди поділяють думки учасників (авторів).

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова (протокол № 10 від 31.05.2024 р.)

## ОРГАНІЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ



Вінницький національний  
медичний університет  
ім. М.І. Пирогова



Вінницький національний  
технічний університет



Національний медичний  
університет ім.  
О.О.Богомольця



Донецький національний  
університет ім. Василя Стуса

## ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

**Голова:** Олег Власенко, проректор з наукової роботи ЗВО «ВНМУ ім. М.І. Пирогова», д.м.н., професор

**Члени:** Анатолій КУЛИК, Сергій ПАВЛОВ, Вальдемар ВУЙЦІК, Andrzej Jerzy SMOLARZ, Orken MAMYRBAYEV, Валентина ВАСИЛЕНКО, Роман КВЕТНИЙ, Олександр ЧАЛИЙ, Ольга ДОЦЕНКО, Юрій ТРИУС, Володимир ЛУЖЕЦЬКИЙ, Ірина ЖУРАВСЬКА, Олег АВРУНІН, Наталія ТИТОВА, Юрій ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ, Олександр НІКОЛЬСЬКИЙ.

**Метою конференції** є висвітлення здобутків вчених України при розроблюванні, використанні і впровадженні технічних засобів та інформаційних технологій в галузях медицини та біології.

### Напрями роботи конференції

- Актуальні проблеми біологічної фізики.
- Медична інженерія. Телемедицина.
- Моделювання та комп'ютерна діагностика.
- Захист інформації в медичних інформаційних системах.
- Математичні аспекти в задачах біології та медицини.
- Специфічні питання педагогіки для студентів медичного та біологічного профілю.
- Метрологічне забезпечення медико-біологічного обладнання.
- Отримання, оброблення та аналіз медичних і біологічних зображень і сигналів.

## DEVELOPMENT OF ANTHROPOMETRIC MEASUREMENT METHODS USING THREE-DIMENSIONAL MODELLING

<sup>1</sup>Олександр РОМАНЮК <sup>1</sup>Максим ЗАХАРЧУК  
*rom8591@gmail.com*  
*mz764233@gmail.com*

The current stage of technology development requires continuous improvement of analysis and measurement methods, in particular in the field of anthropometry. One of the most important problems in measuring the weight and mass parameters of the human body is the high accuracy and reliability of the data obtained.

Traditional methods of anthropometry are often limited by two-dimensional approaches and lack of detail. In this context, the use of 3D scanners capable of recording geometric features of the body in three dimensions opens up new prospects for accurate parameter determination, which has significant potential for development in the medical industry and related fields.

Three-dimensional human models are the most realistic, reflecting the anatomical structure, accurately conveying the relief and colour features of the object, and can be modified to change the appearance. A 3D human model is a multifactorial source of information about a patient, allowing to significantly reduce the required amount of user interaction compared to existing methods.

The importance of the accuracy of the data obtained is determined by a significant contribution to improving the reliability and objectivity of anthropometric measurements on three-dimensional models. In the medical field, accurate data on anthropometric parameters play an important role in the diagnosis and treatment of patients. For example, accurate determination of body volume and mass distribution can be critical for the effective treatment of diseases associated with excess body weight.

3D body scanners are used to determine the weight and mass characteristics of a person based on their anthropometric parameters. This makes it possible to create a full-length model of a person's body in 3D space. To do this, they take a set of frames and then assemble them together to create a 3D model.

To determine the mass and weight characteristics of a person using three-dimensional modelling, it is necessary to perform non-contact measurements of some parameters on a three-dimensional model. Therefore, we systematise methods and formulas for further calculations.

To determine the area of a human body, it is proposed to develop a three-dimensional model of a person using three-dimensional scanners. Next, the surface is covered by a polygonal pattern (Figure 1), which consists in replacing the surface with polygons that are adjacent to each other without gaps and do not overlap.

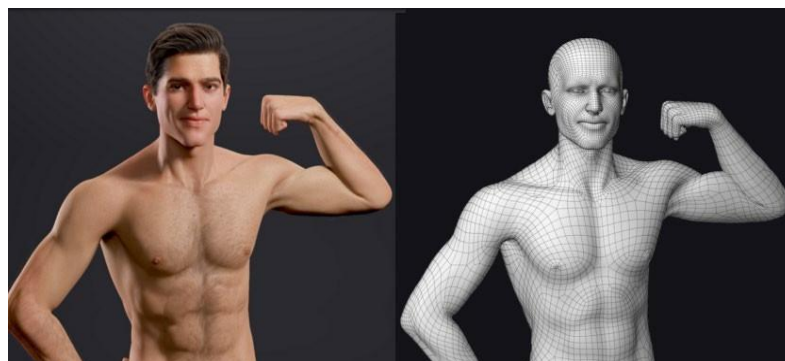


Figure 1 - Polygonal three-dimensional model

In graphics packages, triangulation is performed, the end result of which is a polygonal model with triangles as cells. In this case, tessellation is a preparatory stage. The accuracy of the area determination is determined by the density of the polygonal network. A polygonal network can be expanded to a plane (Figure 2). Using image processing algorithms such as segmentation, body structures can be extracted, creating a point cloud for further modelling.

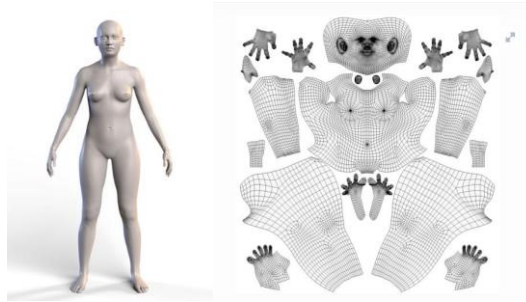


Figure 2 - Expanding a polygonal model on a plane

To determine the surface area, you need to determine the areas of the constituent triangles and find their sum. This will allow you to take into account the peculiarities of the human structure and eliminate the need to divide into male and female. Three-dimensional modelling can be effectively used to accurately determine body volume. Slices of a three-dimensional human model can be made using different types of planes (Figure 3).

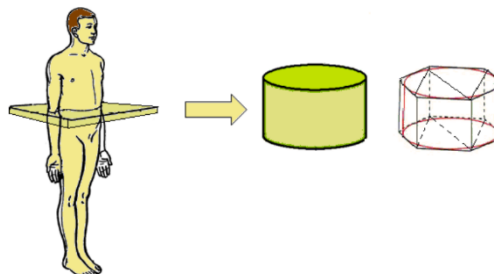


Figure 3 - Stages of segment volume determination

The result is a body segment. The resulting top slice is triangulated to replace the segment with triangular prisms. To do this, use vertical planes that are perpendicular to the base of the segment. Next, the volumetric pixel method is used to determine the curved area and volume of the human body. The extracted structures are converted into a three-dimensional point cloud, where each point corresponds to a voxel with certain  $x,y,z$  coordinates. Information about intensity and geometric properties, such as coordinates, is added to each point.

Suppose  $I(x,y,z)$  – the intensity of a point in three-dimensional space. Define the function  $f(x,y,z)$  so that  $f(x,y,z)=I(x,y,z)$ . This means that the value of the function corresponds to the intensity of the point.

To obtain the function  $f(x)$ , the values on the surface of the body will be used  $f(x,y,z)$ . Then, the function  $f(x)$  can be defined as:

$$f_x = \max_{y,z} I(x,y,z)$$

To determine the curved area of a triangle, consider the function  $f_x$ , which represents the coordinates of the points of the body surface in three-dimensional space. To derive the formula for the curved area  $S$ , consider an elementary surface segment between two neighbouring points  $P_x, f_x$  i  $Q(x+dx, f_x+dx)$ , using the Pythagorean theorem, the length of this segment is:

$$dS = dx^2 + [f'(x)dx]^2$$

Derive the expression for the integral  $f_x$ . If  $f_x = \max_{x,y,z} I(x,y,z)$ , then  $f'_x$  can be approximated as  $dI/dx$  at points where  $I_{x,y,z}$  is the maximum. Determine the curvilinear area of one triangle using the formula:

$$\text{Area}(T_i) = \iint_a^b \sqrt{1 + (df/dx)^2} dx$$

Finding the curvilinear area of one triangle on a segment of a three-dimensional model, derive the formula for the total area of a person's body:

$$S = \sum_{i=1}^n \text{Area}(T_i)$$

To calculate body volume, a similar approach is used,  $A_x$  - is the cross-sectional area of the body in a plane parallel to the  $x$ -axis. Consider the segment of this section between  $x$  and  $x+dx$ . The area of such a segment is calculated using the Pascal's formula:

$$dA = [R(x)]^2 dx$$

, where  $R_x$  denotes the curvilinear area of all segments included in the section. Then the volume of the human body will be calculated as:

$$V = \int \pi [R(x)]^2 dx$$

Determining the basic formulas for calculating the area and volume of a body, it is necessary to develop an algorithm for calculating the distance between two points on a three-dimensional model. For this purpose, it is necessary to use a generalised systematisation of the parameters of three-dimensional models.

Usually, a 3D pose is encoded as a set of common coordinates (e.g. trc files) or orientations (e.g. bvh files, asf/amc files). The parametrization of a 3D model is based on a skeletal frame with  $J$  joints. Therefore, to determine the distance between two points, it is necessary to determine the  $J$  main joints and calculate the parameterisation of the resulting three-dimensional model. The calculated parameterisation will allow you to determine the measurement accuracy and the minimum number of joints required for the measurement.

To measure anthropometric distances on a three-dimensional model, we will use a 16-joint skeletal model (see Figure 4), since the distance in a three-dimensional model is related only to the configuration of the main joints of the body.



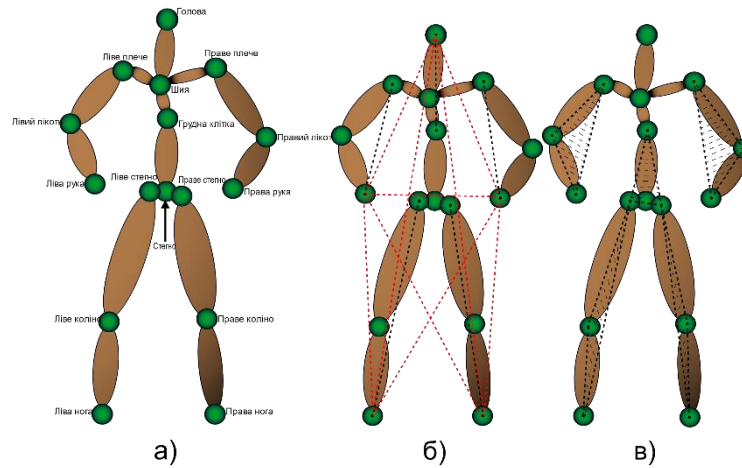


Figure 4 - Skeleton model

a) joints and limbs, б) correlating lines в) planes

The positions of the 16 main joints are automatically determined when creating a three-dimensional model. To calculate the distance between the joints, we use the Euclidean distance formula:

$$f_{JJ\_dJ1,J2} = \|J1J2\|$$

$$f_{JJ\_oJ1,J2} = \text{unit}(J1J2)$$

, where - the corresponding joints,  $\text{unit}()$  - scales the vector to a unit length.

The extended Helen's formula is used to calculate the distance between the joint line  $f_{JJ\_dJ1,J2}$  and an individual joint J:

$$f_{JLdJ,LJ1J2} = 2 * s_{JJ1J2} / f_{JJdJ1,J2},$$

, where  $s_{JJ1J2}$  - is the area of the triangle formed by the joint positions.

To calculate the distance between a joint J and a plane  $P_{J1J2J3}$ , use the formula for the cross product of two three-dimensional vectors:

$$f_{JPdJ,PJ1J2J3} = f_{JJ\_oJ1,J2} * \text{unit}(f_{JJ\_oJ1,J2} * f_{JJ\_oJ1,J3})$$

Figure 5 shows a visualisation of the above formulas.

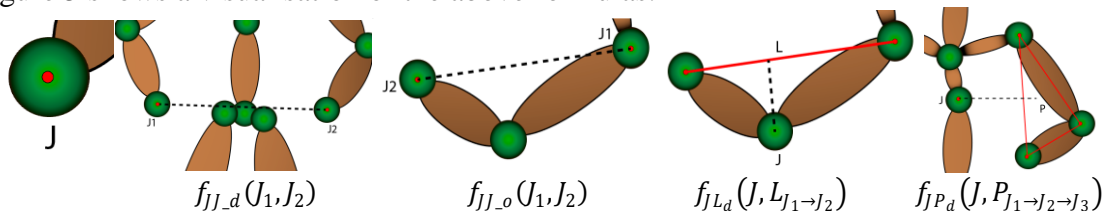


Figure 5 - Measurement visualisation

Convert the formulas of anthropometric metrics for three-dimensional models, to do this, we define a data set that will be a matrix of points  $\{x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n\}$  derived from the 3D model. To prevent excessive deviation, care must be taken to ensure that the distance metric does not deviate too far from the original distance metric. For this purpose, a regulariser is introduced.

Suppose that  $d_{ij}$  – is the distance  $L_2$  between  $x_i$  and  $x_j$ . The deviation from the original data ratio is measured using the Mahalanobis formula:

$$|d_{ij} - \hat{d}_{ij}| = |x_i - x_j|^T (x_i - x_j - T * r * I)$$

, where  $r$  is a regulariser,  $I$  is a columnar orthogonal matrix consisting of a set of joint data through which the desired distance line passes. Then the following formula is used to find the distance between two points on a three-dimensional model:



$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=0}^n (c_{ik} - c_{jk})^2}$$

, where  $c_{ik}$ ,  $c_{jk}$  – three-dimensional coordinate of the 3D model,  $c_{ik}, c_{jk}$  – three-dimensional coordinates of the 3D model relative to the positions of the joints,  $dE2$  – Euclidean distance between a given point and the nearest joint.

### Conclusion

The algorithms for anthropometric measurements on three-dimensional models have been developed and presented for the first time, using advanced techniques of three-dimensional data processing and anthropometry algorithms. The division of a three-dimensional model into a matrix of points is proposed, which allows to achieve an increase in measurement accuracy. The formulas for calculating the distances between two points on a three-dimensional model are obtained. For the first time, it is proposed to perform anthropometric measurements of a three-dimensional human model at the positions of 16 major joints. The practical significance of the work is the development of algorithms and programs for anthropometric measurements based on theoretical research and their integration into the professional graphics engine `idx3d`.

### REFERENCES

1. Олександр РОМАНЮК, Максим ЗАХАРЧУК, Роман ЧЕХМЕСТРУК, Анатолій СНИГУР, Наталія ПІТОВА. Використання морфінгу зображень для аналізу медичних даних, діагностики та лікуванні захворювань Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Актуальні завдання медичної, біологічної фізики та інформатики», 7 квітня 2023 року м. Вінниця, -С.23-25.
2. Романюк О. Н. Захарчук М. Д. Коробейнікова Т. І. Використання тривимірної графіки у медичній галузі // Матеріали молодіжної науково-практичної інтернет-конференції студентів аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)» : збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 3 с.
3. РОМАНЮК, О., ЗАХАРЧУК, М., СНИГУР, А., КОВАЛЬ, Л., МИХАЙЛОВ, П., & ЧЕХМЕЙСТРУК, Р. (2021). Використання тривимірного моделювання для визначення масо-вагових характеристик людини по її антропометричним параметрам. Прикладні питання математичного моделювання, 4(2.1), 188-198.
4. Романюк О.Н., Кокункін В.Л., Захарчук М.Д., Котлик С.В. Використання морфінгу 3D- зображень обличчя людей в медицині. Інформаційні технології і автоматизація – 2021/ Матеріали XIV міжнародної науково- практичної Конференції . Одеса, 21-22 жовтня 2021р. -Одеса, Видавництво ОНАХТ, 2021 р. –С. 252-255.
5. Романюк О.Н., Захарчук М. Д., Михайлов П.І., Чехмestрук Р.Ю., В.М., Перун І.В. Визначення генетичних захворювань людини за тривимірною моделлю лица . Електронні інформаційні ресурси: створення, використання , доступ. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції, 9-10 листопада 2021 р . –Суми/Вінниця: НІКО/ВНТУ, 2021. – С. 179-184. .
6. Романюк О.Н., Захарчук М.Д., Чехмestрук Р.Ю., Романюк О.В., Коробейнікова Т.І. Визначення векторів нормалей у довільній точці трикутника. Актуальні проблеми сучасної науки та освіти (частина I): матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 20-21 січня 2022 року. –Львів: Львівський науковий форум, 2022. – с.64-67.
7. Романюк О. Н, Захарчук М. Д., Коваль Л. Г., Чехмestрук Р. Ю., Михайлов П. І. Аналіз воксельної технології. Стан, досягнення та перспективи інформаційних

- систем і технологій / Матеріали XXII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Одеса, 21-22 квітня 2022 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2022 р. С.74-75.
8. Романюк О.Н., Бажан В.М., Захарчук М.Д. , Романюк О.В., Коробейнікова Т. І. Комп'ютерні програми для медичного діагностування за зовнішніми ознаками людини. Сучасна наука: проблеми та перспективи (частина II): матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції м. Київ, 12-13 січня 2022 року. – Київ: МЦНід, 2022. – с. 64-66.
  9. Романюк О.Н., Захарчук М.Д. Метод процедурного текстування. Інноваційні дослідження та перспективи розвитку науки і техніки у XXI столітті, Рівне, 19 жовтня 2023 р. Рівне, Редакційно-видавничий центр Приватного вищого навчального закладу «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука» , 2023 р. ЧЗ. С.175-178.
  10. Романюк О. Н., Чехмestрук Р. Ю., Станіславенко Є. Г., Вінтонюк В. В., Захарчук М. Взаємозв'язок між векторами нормалі до поверхні, вектором спостерігача та вектором джерела світла для задач рендерингу. The 8 th International scientific and practical conference “Topical issues of modern science, society and education” (February 26-28, 2022) SPC “Sciconf.com.ua”, Kharkiv, Ukraine. 2022. pp 300-303.