

**СПИСОК ДжЕРЕЛ**

1. Ван Яцзюн. Методика формування комунікативної культури майбутніх учителів музичного мистецтва в процесі диригентсько-хорового навчання. Автореф. дис. канд. пед. наук. Суми. 2018. 25 с.
2. Крицький В. М. Музично-виконавська інтерпретація: педагогічні проблеми музично-виконавської підготовки: монографія. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя. 2009. 158 с.
3. Мінь Шаовей. Формування рефлексивних умінь майбутніх учителів музики в процесі фортепіанної підготовки. Дисер. на здоб. наук. ст. канд. пед. наук: 13.00.02 – теорія та методика музичного навчання. Одеса. 2017. 224 с.
4. Підварко Т. О. Інтерпретація музичних творів як важлива складова виконавської підготовки майбутнього вчителя музичного мистецтва. URL [http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/5990/1/76\\_3%281%29pdf](http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/5990/1/76_3%281%29pdf)
5. Шапар В. Сучасний тлумачний психологічний словник. Харків. 2007. 640 с.
6. Ю Янь. Формування художньо-образних репрезентацій майбутніх бакалаврів музичного мистецтва засобами фортепіанних програмних творів. Дисерт... на здобуття наук. ст. д-ра філософії. Спец. 014 Середня освіта. Музичне мистецтво. Одеса. 2023. 237 с.

**REFERENCES**

1. Van Yatszyun. (2018). *Metodyka formuvannya komunikatyvnoyi kul'tury maybutnikh uchyteliv muzychnoho mystetstva v protsesi dyryhent's'ko-khorovoho navchannya*. [The method of formation of communicative culture of future music teachers in the process of conducting and choral training]. Sumy. 25 s. [in Ukrainian]
2. Kryts'kyu, V. M. (2009). *Muzychno-vykonavs'ka interpretatsiya: pedahohichni problemy muzychno-vykonavs'koyi pidhotovky*. [Musical and performing interpretation: pedagogical problems of musical and performing training]. Nizhin. 158 s. [in Ukrainian]
3. Min' Shaovey. (2017). *Formuvannya refleksyvykh umin' maybutnikh uchyteliv muzyky v protsesi fortepiannoyi*

pidhotovky. [Formation of reflective skills of future music teachers in the process of piano training]. Odesa. 224 s. [in Ukrainian]

4. Pidvarko, T. O. *Interpretatsiya muzychnykh tvoriv yak vazhlyva skladova vykonavs'koyi pidhotovky maybutn'oho vchytelya muzychnoho mystetstva*. [Interpretation of musical works as an important component of performance training of a future music teacher]. URL [http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/5990/1/76\\_3%281%29pdf](http://eprints.mdpu.org.ua/id/eprint/5990/1/76_3%281%29pdf) [in Ukrainian]

5. Shapar, V. (2007). *Suchasnyy tлумachnyy psykholohichnyy slovnyk*. [Modern explanatory psychological dictionary]. Kharkiv. 640 s. [in Ukrainian]

6. YU Yan'. (2023). *Formuvannya khudozhn'o-obraznykh reprezentatsiy maybutnikh bakalavriv muzychnoho mystetstva zasobamy fortepiannykh programnykh tvoriv*. [Formation of artistic representations of future bachelors of musical arts by means of piano program works]. Odesa. 237 s. [in Ukrainian]

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА**

**БІЛОВА Наталія Костянтинівна** – кандидат педагогічних наук, професор, професор кафедри музично-інструментальної підготовки ДЗ «Південноукраїнського національного педагогічного університету імені К. Д. Ушинського».

*Наукові інтереси:* професійна підготовка здобувачів мистецької освіти.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

**BILOVA Natalia Kostyantynivna** candidate of pedagogical sciences, professor, professor of the department musical and instrumental training of the K. D. Ushinsky South Ukrainian National Pedagogical University.

*Scientific interests:* professional training of students of art education.

*Стаття надійшла до редакції 11.05.2024 р.*

УДК 37.016:[612.76-028.22:004.92

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-214-126-133

**БОЛІЛИЙ Василь Олександрович** –

кандидат фізико-математичних наук, доцент  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1923-1058>  
e-mail: [vasyl.bolilyj@gmail.com](mailto:vasyl.bolilyj@gmail.com)

**СУХОВІРСЬКА Людмила Павлівна** –

кандидат педагогічних наук, доцент  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-9354>  
e-mail: [suhovirskaya2011@gmail.com](mailto:suhovirskaya2011@gmail.com)

**АБУВАТФА Самі** –

старший викладач кафедри внутрішньої медицини № 3  
Донецького національного медичного університету  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7245-2602>  
e-mail: [ab7845766@gmail.com](mailto:ab7845766@gmail.com)

**ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧ БІОМЕХАНІКИ ЗАСОБАМИ UNITY**

*В статті розглядається візуалізація задач біомеханіки засобами Unity.*

*Використання сучасних технологій, засобами Unity, для візуалізації біомеханічних процесів є важливим етапом у розвитку наукових методів та досліджень. Це дозволяє використовувати інтерактивні та реалістичні симуляції для аналізу та моделювання складних біомеханічних систем, що робить можливими нові підходи до дослідження та вирішення проблем. Використання інтерактивних та візуальних засобів, таких як симуляції у Unity, може покращити сприйняття матеріалу для студентів, дослідників та професіоналів у галузі біомеханіки.*

*В даній статті представлена розробка додатку візуальної демонстрації біомеханічної проблеми за допомогою сучасних технологій моделювання. Комп'ютерний навчальний додаток для наочної демонстрації деяких біомеханічних задач, який допомагає студентам в процесі навчання детальніше розуміти основні принципи біомеханіки на основі 3Д моделі людини з м'язовою тканиною.*

*Програмний додаток створено з метою наочної демонстрації біомеханічних задач, які дають можливість сформувати у студента цілісне уявлення про досліджуваній об'єкт – рухову активність людини, її частин тіла, їх зв'язки із зовнішнім – екологічним та внутрішнім середовищем. Розроблено 3Д моделі м'язів і скелета людини.*

Програмний продукт «Навчальний програмний засіб з біомеханіки» розроблений на основі мови програмування C# в середовищі Blender та Unity, дозволяє передбачити в клінічній практиці можливість прийняття користувачем певних рішень, тобто зробити його активним учасником перегляду. ПП «Навчальний програмний засіб з біомеханіки» утворений з двох об'єктних файлів типу Wavefront (.obj) та файлів анімації (скрипти), написаних на C#. В статті детально описані етапи формування програми з представленням фрагментів кодів.

Використання розробленої візуалізації для освітніх цілей, таких як навчання студентів біомеханіки, медицини, фізіотерапії та спортивних наук допомагає полегшити їхнє розуміння складних концепцій.

Дана програма пройшла апробацію студентами-іноземцями Донецького національного медичного університету під час практичних занять з медичної інформатики.

**Ключові слова:** заклад вищої освіти, програмний продукт, біомеханіка, мова програмування C#, середовище Blender, Unity.

**BOLILYI Vasyl Oleksandrovych –**

PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1923-1058>

e-mail: vasyi.bolilyj@gmail.com

**SUKHOVIRSKA Liudmyla Pavlivna –**

PhD (pedagogical sciences), Associate Professor of the Department of Medical Physics and Information Technologies

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-9354>

e-mail: suhovirskaya2011@gmail.com

**ABUVATFA Sami –**

assistant of the Department of Internal Medicine N3 of the Donetsk National Medical University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7245-2602>

e-mail: ab7845766@gmail.com

## VISUALIZATION OF BIOMECHANICS PROBLEMS USING UNITY

*The article deals with the visualization of biomechanics problems using Unity.*

*The use of modern technologies, Unity tools, for visualization of biomechanical processes is an important stage in the development of scientific methods and research. It enables the use of interactive and realistic simulations to analyze and model complex biomechanical systems, enabling new approaches to research and problem solving. The use of interactive and visual aids, such as simulations in Unity, can improve the understanding of the material for students, researchers and professionals in the field of biomechanics.*

*This article presents the development of an application for visual demonstration of a biomechanical problem using modern modeling technologies. A computer educational application for the visual demonstration of some biomechanical problems, which helps students in the learning process to better understand the basic principles of biomechanics based on a 3D model of a person with muscle tissue.*

*The software application was created for the purpose of a visual demonstration of biomechanical problems, which give the student the opportunity to form a holistic view of the studied object - the motor activity of a person, his body parts, their connections with the external - ecological and internal environment. 3D models of human muscles and skeleton have been developed.*

*The software product "Educational software on biomechanics" is developed on the basis of the C# programming language in the Blender and Unity environments and allows you to predict in the clip the possibility of the user making certain decisions, that is, making him an active participant in the viewing. PP "Educational software on biomechanics" is formed from two object files of the Wavefront type (.obj) and animation files (scripts) written in C#. The article describes in detail the stages of program formation with the presentation of code fragments.*

*Using developed visualization for educational purposes, such as teaching biomechanics, medicine, physical therapy, and sports science students, helps facilitate their understanding of complex concepts.*

*This program was tested by foreign students of the Donetsk National Medical University during practical classes in medical informatics.*

**Key words:** institution of higher education, software product, biomechanics, C# programming language, Blender environment, Unity.

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** Візуалізація задач біомеханіки за допомогою Unity покращує розуміння біомеханічних процесів. Розуміння руху та взаємодії різних частин тіла має велике значення для багатьох галузей, таких як медицина, фізіотерапія та спортивні науки. Візуалізація цих процесів за допомогою Unity може допомогти виявити та вивчити різноманітні аспекти біомеханіки, такі як рухові паттерни, навантаження на м'язи та кістки, що може відкрити нові можливості для досліджень та вдосконалення методів лікування та тренувань. Використання сучасних технологій, засобами Unity, для

візуалізації біомеханічних процесів є важливим етапом у розвитку наукових методів та досліджень. Це дозволяє використовувати інтерактивні та реалістичні симуляції для аналізу та моделювання складних біомеханічних систем, що робить можливими нові підходи до дослідження та вирішення проблем. Використання інтерактивних та візуальних засобів, таких як симуляції у Unity, може покращити сприйняття матеріалу для студентів, дослідників та професіоналів у галузі біомеханіки. Це може сприяти поширенню знань та покращенню якості освіти та досліджень у цій області.

Отже, використання Unity для візуалізації задач біомеханіки має великий потенціал у розвитку наукових досліджень, практичних застосувань та освіти, що робить цю проблему дуже актуальною та важливою.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

На сьогодні проблемами біомеханіки та мають інтерес до використання технологій, таких як Unity, для візуалізації біомеханічних процес займаються: Джеймс М. Андерсон, який спеціалізується на рухових системах та їх моделюванні; Сара К. Джонсон, яка досліджує біомеханіку руху людини та розвиває нові методи візуалізації для аналізу рухових паттернів; Майкл Х. Чен, Емма Р. Грін використовують комп'ютерні ігри та віртуальну реальність для дослідження біомеханіки та розвитку віртуальних моделей людського тіла.

**Мета роботи.** Створення інтерактивної та реалістичної візуалізації біомеханічних процесів, що відбуваються у людському тілі, засобами Unity. Розробка деталізованих 3D-моделей людського тіла, його органів, м'язів та кісток, а також створення відповідних сцен, які відображають різноманітні аспекти біомеханіки. Використання фізичних двигунів та анімаційних інструментів для створення реалістичних симуляцій руху та взаємодії між різними частинами тіла під час виконання різних дій. Використання розробленої візуалізації для освітніх цілей, таких як навчання студентів біомеханіки, медицини, фізіотерапії та спортивних наук, що допомагає полегшити їхнє розуміння складних концепцій.

В роботі використані наступні **методи дослідження:** аналіз наукової, фахової літератури; теоретичний синтез, узагальнення; методика використання інтерактивних та візуальних засобів, таких як симуляції у Unity.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Unity – це потужний інструмент для розробки ігор і симуляцій, який також можна використовувати для візуалізації складних процесів, таких як біомеханіка. Візуалізація дозволяє дослідникам та студентам краще розуміти різноманітні аспекти біомеханіки, такі як рух людського тіла, механіка м'язів та кісток, та їх взаємодія.

Для візуалізації задач біомеханіки у Unity можуть використовуватися такі засоби:

- моделювання людського тіла. За допомогою 3D-моделей людського тіла можна створювати реалістичні моделі для вивчення руху, механіки м'язів та кісток;
- фізичне моделювання. Unity має вбудовану фізичну систему, яка дозволяє симулювати реалістичну поведінку об'єктів у просторі, включаючи силу тяжіння, тертя, а також реакцію на зіткнення;
- анімація. Unity дозволяє створювати анімацію для моделей, що дозволяє відтворювати різні типи рухів та взаємодій між частинами тіла;
- візуалізація даних. Unity може бути використаний для візуалізації результатів досліджень з біомеханіки, таких як рухові траєкторії, розподіл сил на тіло тощо;

- взаємодія з користувачем. Засоби Unity можуть використовуватися для створення інтерактивних симуляцій, які дозволяють користувачам взаємодіяти з моделями та експериментувати з ними.

Одним з найважливіших завдань є розвиток механіко-математичних моделей руху людини, призначених для комп'ютерного моделювання. Суть проблеми в тому, що трудомісткість і обсяг обчислень в області біомеханіки руху така, що в більшості завдань цю роботу може виконати тільки комп'ютер. Але методи механіки розроблялися стосовно технічних об'єктів, тому мають ту особливість, що в основному призначені для ручної праці і конкретної постановки задачі [8]. Зі зміною умов, наприклад, ступеня рухливості механізму, виходить нове завдання, для якого необхідно записувати нові рівняння і повторювати всі розрахунки. В області біомеханіки руху потрібні універсальні моделі руху, які не залежать від поставленого завдання і комп'ютерні програми, побудовані на цих принципах [14; 16].

Ще однією проблемою є складність дослідження просторового руху людини. Для вивчення локомоцій при плоскому русі розроблені як моделі, так і експериментальні методи, проведені численні обчислювальні експерименти. Просторовий рух складніше як з точки зору вимірювань в натурному експерименті, так і в плані обчислень. Етап розвитку методів, методик, засобів вимірювальної техніки та теорії для дослідження просторового руху стосовно механіки людини посправжньому настає тільки зараз, у зв'язку з бурхливим розвитком ряду технологій в робототехніці, кінематографії, анімації та комп'ютерних іграх [12].

Біомеханіка людини – це комплексна наука, яка охоплює найрізноманітніші властивості інших наук, таких як механіка і математика, функціональна анатомія і фізіологія, педагогіка і теорія фізичної культури [14; 16].

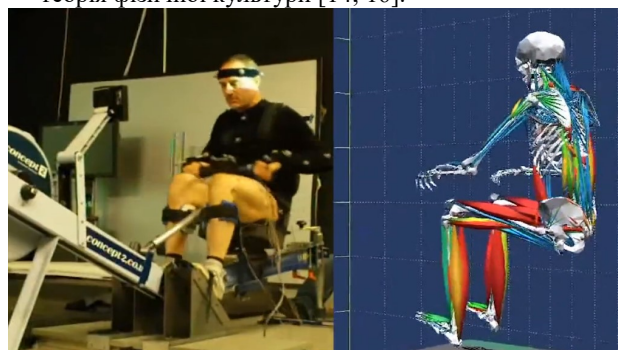


Рис. 1. Біомеханіка в теорії фізичної культури

Рухи частин тіла людини являють собою переміщення в просторі і часі, які виконуються в багатьох частинах тіла (суглобах) одночасно і послідовно. Рухи в суглобах за формою і характером бувають дуже різноманітними, вони залежать від дії безлічі різноманітних факторів (прикладених сил). Всі рухи об'єднані в цілісні організовані дії, якими людина керує за допомогою м'язів. З огляду на складність рухів людини, в біомеханіки досліджують біологічну і механічну

складову, обов'язково у тісному взаємозв'язку [1; 3] (див. рис. 1).

Таким чином, біомеханіка людини вивчає, який спосіб і умови виконання дій кращі, їх засвоєння та застосування. Загальна задача вивчення рухів полягає в оцінці ефективності докладених зусиль для досягнення поставленої мети. Будь-яке вивчення рухів, в кінцевому результаті, направлено на те, щоб допомогти краще виконувати їх. Перш, ніж приступити до розробки кращих способів дій, необхідно оцінити вже наявні способи. Звідси випливає спільне завдання біомеханіки, що зводиться до оцінки ефективності способів виконання досліджуваного руху. Біомеханіка досліджує, яким чином отримана механічна енергія руху і напруги може отримати робоче застосування. Робочий ефект вимірюється тим, як використовується витрачена енергія. Для цього визначають, які сили роблять корисну роботу, які вони за походженням, коли і де прикладені. Те ж саме повинно бути відомо про сили, які виконують шкідливу роботу, знижуючи загальну ефективність корисних сил. Таке вчення дає можливість зробити висновки про те, як підвищити ефективність дії. При вирішенні загальної задачі біомеханіки виникають численні малі завдання, які не передбачають безпосередню оцінку ефективності [14].

Основними методами біомеханіки є системний аналіз і системний синтез рухів які основані на кількісних характеристиках, зокрема програмне моделювання рухів. Біомеханіка спирається на дослідницьке вивчення рухів (експериментальна, емпірична наука) [8]. За допомогою приладів реєструються кількісні характеристики, наприклад траєкторія, швидкість, прискорення і ін., що дозволяють розрізнити рухи і порівнювати їх між собою. Розглядаючи результуючі характеристики, систему рухів можна поділити на складові частини (кожна частина – певна складова). У цьому полягає основний зміст системного аналізу.

Система рухів – це сума її складових частин. Частини системи об'єднані численними взаємозв'язками, що додають їй нові властивості, що не містяться в її частинах (системні властивості). Це об'єднання представляється як спосіб встановлення взаємозв'язку у системі або її структурі (див. рис. 2). У цьому – суть системного синтезу [13].

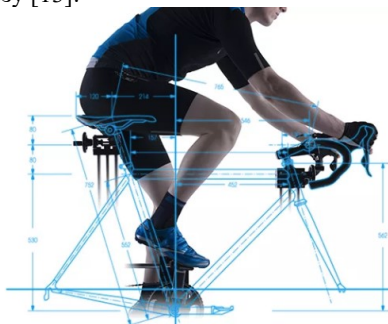


Рис. 2. Біомеханіка велоспорту

Системний аналіз і системний синтез нерозривно пов'язані один з одним. Вони стають єдиним в системно-структурному дослідженні [8].

При вивченні рухів в процесі розвитку системного аналізу і синтезу в останні роки все ширше застосовується метод кібернетичного моделювання – побудова керованих моделей (електронних, математичних, фізичних і ін.) рухів [12] і моделей тіла людини за допомогою сучасної методології моделювання.

При сучасному рівні розвитку науки і техніки періодично з'являються методи і обладнання в якихось інших галузях науки, придатні для конкретного наукового дослідження. Подібна ситуація виникла і в області вивчення біомеханіки просторового руху людини [11; 12; 13].

У кінематографі, комп'ютерній анімації і при створенні комп'ютерних ігор широко використовується технологія, що отримала назву «motion capture», тобто «захоплення руху». Найсучасніші досягнення в області спецефектів, які виробляють колосальне враження на глядачів і гравців, пов'язані з цим напрямком. Тут теж вирішуються проблеми з отримання параметрів руху людини для подальшої обробки і візуалізації (див. рис. 3). У великій мірі завдання біомеханіки і кінематографа в цій частині подібні [10; 11; 12]. Отримали розвиток два напрямки технології захоплення руху: маркерні технології і безмаркерні, засновані на комп'ютерному зорі і розпізнаванні образів.

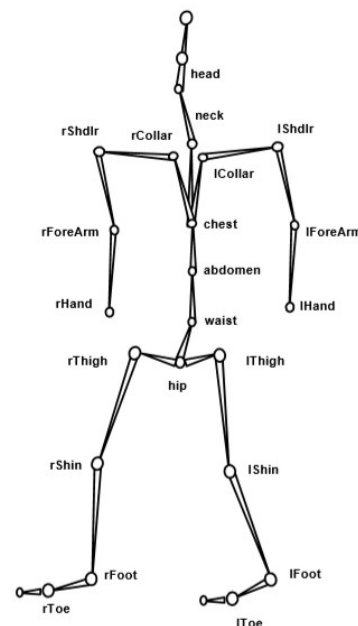


Рис. 3. Модель біомеханічної системи

Результатом використання технології захоплення руху є текстовий файл формату bvh, що має два розділи. Розділ HIERARCHY (ІЕРАРХІЯ) являє собою графічне дерево, в ньому, на підставі графів, записаний порядок побудови скелета із зазначенням початкових координат. Другий розділ MOTION (РУХ) дає по кожному кадру відповідні координати скелета [10; 11; 12]. У файлі кожен елемент скелета містить інформацію про зміщення і обертання щодо батьківського елемента.

Unity надає користувачам можливість створювати ігри та переживання як у 2D, так і в 3D, а двигун пропонує первинний API сценарію в C#,

як для редактора Unity у вигляді плагінів, так і для самих ігор, а також функцій перетягування [15; 17; 18].

Для 3D-ігор Unity дозволяє задавати стиснення текстури, міп-карти та налаштування роздільної здатності для кожної платформи, яку підтримує ігровий двигун, і забезпечує підтримку збільшеного картографування, відображення відображення, картографування паралакса, оклюзії навколишнього простору екрану (SSAO), динамічної тіні, використовуючи тінюві карти, зображення текстури та ефекти після повної обробки на екрані [7].

Unity має багату і складну анімаційну систему під назвою Mecanim [9], яка забезпечує:

- легкий робочий процес та налаштування анімації на людських персонажах;
- ретаргетинг анімації – можливість застосовувати анімації з однієї моделі символів на іншу;
- спрощений робочий процес для вирівнювання анімаційних кліпів;
- зручний перегляд анімаційних кліпів, переходів та взаємодій між ними. Це дозволяє аніматорам працювати більш незалежно від програмістів, прототипувати і переглядати їх анімацію, перш ніж підключити ігровий код;
- управління складними взаємодіями анімацій із засобом візуального програмування;
- анімація різних частин тіла з різною логікою.

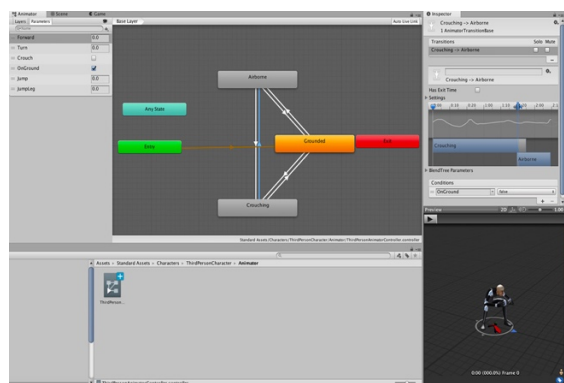
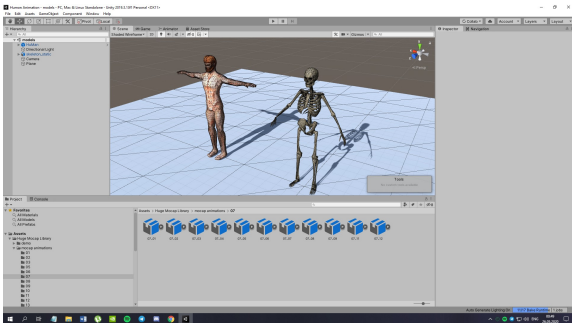


Рис. 4. Приклад інтерфейсу Unity

Розроблений нами програмний продукт (ПП) «Навчальний програмний засіб з біомеханіки» призначений для навчання біомеханіки, механічної інженерії. ПП розроблений на основі мови програмування C# в середовищі Blender та Unity [2; 4; 15; 19]. Засоби Unity дозволяють передбачити

в кліпі можливість прийняття користувачем певних рішень, тобто зробити його активним учасником перегляду. ПП «Навчальний програмний засіб з біомеханіки» утворений з двох об'єктних файлів типу Wavefront (.obj) та файлів анімації (скрипти), написаних на C# [5; 15]. Для роботи даного навчального програмного засобу необхідно, щоб система відповідала мінімальним системним вимогам для запуску в Windows®.

Організм людини – це дуже складний механізм. Він складається з більше 200 кісток і близько 650 точок прикріплення м'язів [6]. Ці з'єднані м'язи, які називаються скелетними м'язами, є одним із трьох типів м'язів людського тіла. Головне їх призначення – рух тіла.

Мета X-Muscle System – механіка, яка візуально імітує тканини персонажа разом з деформацією шкіри [20].

Як і у випадку з реальними м'язами, у X-Muscles в основному є дві точки кріплення – система та контролер, який представляє сухожилля, що після програмування буде імітувати поведінку реальних м'язів. Єдина м'язова одиниця складається з м'язової системи, контролера, м'язової форми і необов'язкового мікроконтролера (див. рис. 5).

Форма м'язів (іноді її називають сіткою м'язів) – це візуальне представлення м'яза. Він має властивості, які визначають, як він виглядає і реагує.

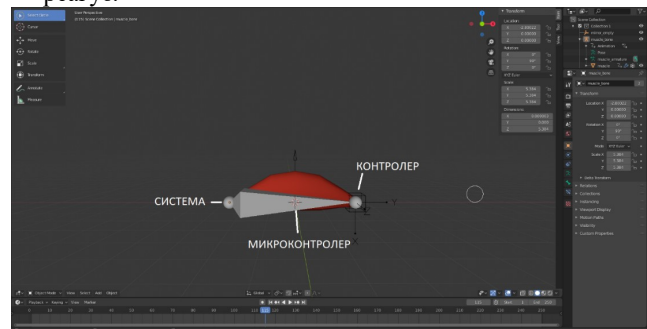


Рис. 5. Єдина м'язова одиниця

Властивості можуть встановлюватися або змінюватися, коли вибираємо певну форму м'язів. Саму форму м'язів можна масштабувати, переміщувати та повертати як в режимі об'єкта, так і в режимі редагування (див. рис. 6).

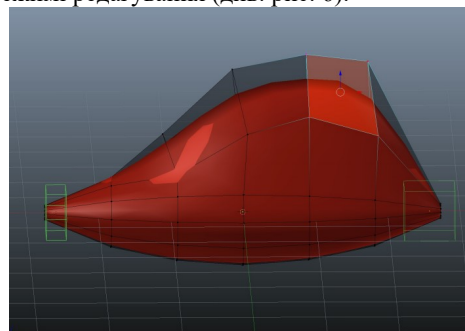


Рис. 6. Форма м'язів

Система є першою з точок кріплення, а також відповідає всій механіці м'язів. Вона може трансформуватися шляхом масштабування та

переміщення, що призведе до різного вигляду м'язової тканини за властивостям.

Контролер є другим із стандартних точок кріплення і також чутливий до розміщення м'язів у правильному положенні на каркасі. Зміна відстані між системою та контролером розтягне або скоротить форму м'яза.

Щоб м'яз працював правильно, і контролер і система повинні бути з'єднанні з кістками і їх положення коригується для найкращих результатів.

Мікроконтролери – впливатимуть лише на шкіру предмета. MicroControllers – це вільно плаваючі ручки, якими можна користуватися для декількох застосувань, таких як – встановлення властивостей шкіри (шкірна фракція), без руйнування форми моделі, анімації первинного та вторинного руху, спецефектів або, навіть, виразу обличчя. Залежно від масштабу, ефекту та сили, він може імітувати тертя шкіри, може використовуватися для стиснення шкіри ближче до м'язів або скелета, щоб викрити їх присутність або створити більш великі деформації моделі. Всі загальні перетворення мікроконтролера можуть бути анімованими (обертання, розташування, масштаб).

При анімації складних рухів (наприклад, таких, як переміщення людини) важко домогтися потрібних деформацій за допомогою звичайних методів моделювання. Blender має в своєму розпорядженні ряд засобів, що сприяють полегшенню цього завдання. І в першу чергу до них відноситься анімація за допомогою арматури – спеціального об'єкта, що нагадує людський скелет.

Для початку роботи з скелетною анімацією в Blender створимо простий об'єкт, який за пропорціями нагадує людину (див. рис. 7). Тепер за допомогою додавання кісток робимо просту анімацію основних людських рухів – рухи руками, ногами і тулубом. Додаємо в сцену кістку – Shift A-Armature-Single Bone. Це буде головна кістка нашого скелета, розташуємо її посередині тулуба. Для зручного відображення виділимо кістку і увійдемо в панель Object Data. Потім активуємо опцію X-Ray в панелі Display. Тепер створені кістки будуть просвічуватися крізь меш. Всі можливості по переміщенню кістки аналогічні з іншими об'єктами – користуємося клавішами G і R.

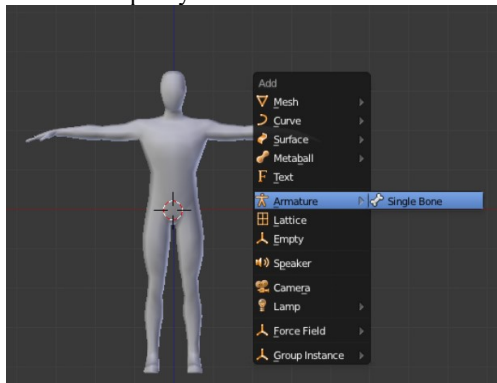


Рис. 7. Створення скелету (арматури)

Після правильного розташування головної кістки відтворюємо решту скелета. Для створення складних рухів потрібно створення великої

кількості кісток. У режимі позування (Pose Mode) можна побачити поточний результат роботи (див. рис. 8). Після маніпуляцій з кістками повернемо їх в початковий стан (Alt + G і Alt + R).

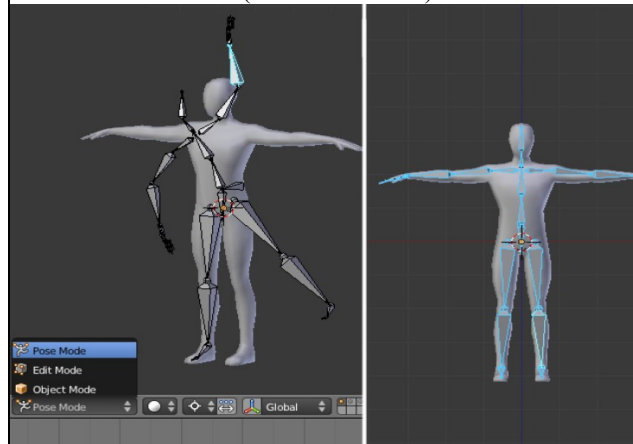


Рис. 8. Режим позування без деформації мешу

Blender автоматично створить стільки груп вершин, скільки деформуючих кісток містить зазначена арматура і призначить для них ваги оптимальним чином. Тепер в режимі позування при обертанні кісток відбувається і деформація мешу.

При деформації персонажа можна помітити, що він деформується не дуже добре. виправити це можна в режимі Weight Painting змінивши значення ваг для декількох груп вершин.

Після того, як додали ключові кадри в тимчасовий рядок, тепер можемо перейти до скрипту C# і змусити наш об'єкт обернутися, фрагмент коду додається:

```
void Start () {
}
void Update () { // нажата кнопка миші
if (Input.GetMouseButtonDown (0))
{
var ray = Camera.main.ScreenPointToRay
(Input.mousePosition);
RaycastHit raycastHit;
if (Physics.Raycast (ray, out raycastHit, 100))
{ // отримаємо коллайдер
var colliderHit = raycastHit.collider //
отримати об'єкт, до якого прив'язан коллайдер
var gameObjectHit = colliderHit.gameObject; //
отримати аніматор gameObjects
var animator = gameObjectHit.GetComponent
<Animator> ();
// включення анімації
animator.Play ("MouseDownState");
}
}
}
```

**Висновки з дослідження та перспективи подальших розробок.**

В даній статті представлена розробка додатку візуальної демонстрації біомеханічної проблеми за допомогою сучасних технологій моделювання. Комп'ютерний навчальний додаток для наочної демонстрації деяких біомеханічних задач, який допомагає студентам в процесі навчання детальніше розуміти основні принципи біомеханіки на основі 3D моделі людини з м'язовою тканиною.

Програмний додаток створено з метою наочної демонстрації біомеханічних задач, які дають можливість сформувати у студента цілісне уявлення про досліджуваний об'єкт – рухову активність людини, її частин тіла, їх зв'язки із зовнішнім – екологічним та внутрішнім середовищем. Розроблено 3Д моделі м'язів і скелета людини за допомогою Blender, використано Unity та Mecanim для розробки анімації.

#### СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Костюк І. В. Введення в біомеханіку : навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти. Львів: Держ. ун-т «Львівська політехніка», 2000. 224 с.
2. Прахов А. Blender 2.7, 2016. С. 137–171.
3. Янсон Х. А. Биомеханика нижней конечности человека. Рига: Зинатне, 1975.
4. Blender. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender> (Last accessed: 24.04.2024).
5. C Sharp – об'єктно-орієнтована мова програмування. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/C\\_Sharp](https://uk.wikipedia.org/wiki/C_Sharp) (Last accessed: 24.04.2024).
6. Forces and Torques in Muscles and Joints. URL: <https://pressbooks.bccampus.ca/collegephysics/chapter/forces-and-torques-in-muscles-and-joints/> (Last accessed: 24.04.2024).
7. Hocking, Joseph. *Unity in action: multiplatform game development in C. Simon and Schuster*, 2022.
8. Jin, Zhongmin; Li, Junyan; Chen, Zhenxian (ed.). *Computational modelling of biomechanics and biotribology in the musculoskeletal system: biomaterials and tissues*. Woodhead Publishing, 2020.
9. K. Aava Rani – Learning Unity Physics. Learn to implement Physics in interactive development using, 2012. 156 с.
10. Michaud, Benjamin, et al. Biotim, a python framework for musculoskeletal optimal control in biomechanics. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 2022, 53.1: 321-332.
11. Michaud, Benjamin; Begon, Mickaël. biorbd: A c++, python and matlab library to analyze and simulate the human body biomechanics. *Journal of open source software*, 2021, 6.57: 2562.
12. Middleton, John; Pande, Gyan; Jones, Malcolm L. (ed.). *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering 2*. CRC Press, 2020.
13. Pueo, Basilio; Penichet-Tomas, Alfonso; Jimenez-Olmedo, Jose Manuel. Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology & Behavior*, 2020, 227: 113144.
14. Stergiou, Nicholas. *Biomechanics and gait analysis*. Academic Press, 2020.
15. Turner, Ryan. *C#: 3 books in 1-The Ultimate Beginners, Intermediate and Expert Guide to Master C# Programming*. Publishing Factory, 2020.
16. Uchida, Thomas K.; Delp, Scott L. *Biomechanics of movement: the science of sports, robotics, and rehabilitation*. Mit Press, 2021.
17. Unity (ігровий рушій). URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Unity\(ігровий\\_рушій\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Unity(ігровий_рушій)) (дата звернення: 24.04.2024).
18. Unity manual. Mecanim Animation System. URL: <https://docs.unity3d.com/462/Documentation/Manual/MecanimAnimationSystem.html> (Last accessed: 24.04.2024).
19. Villar, Oliver. *Learning Blender*. Addison-Wesley Professional, 2021.
20. X-Muscle System. URL: <https://blendermarket.com/products/x-muscle-system> (Last accessed: 24.04.2024).

#### REFERENCES

1. Kostiuk, I. V. (2024). Vvedennia v biomekhaniku [Introduction to biomechanics]: navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchychk zakladiv osvity. Lviv: Derzh. un-t «Lvivska politekhnika». [in Ukrainian]

2. Prakhov, A. (2016). Blender 2.7 [Blender 2.7]. [in Ukrainian]
3. Yanson, Kh. A. (1975). Byomekhanika nyzhnei konechnosti cheloveka [Biomechanics of the human lower limb]. Riga: Zynatne. [in Russian]
4. Blender. (2024). Retrieved from URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender> (April, 24). [in English]
5. C Sharp – об'єктно-орієнтована мова програмування. (2024). Retrieved from URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/C\\_Sharp](https://uk.wikipedia.org/wiki/C_Sharp) (April, 24). [in English]
6. Forces and Torques in Muscles and Joints. (2024). Retrieved from URL: <https://pressbooks.bccampus.ca/collegephysics/chapter/forces-and-torques-in-muscles-and-joints/> (April, 24). [in English]
7. Hocking, Joseph. (2022). Unity in action: multiplatform game development in C. Simon and Schuster. [in English]
8. Jin, Zhongmin; Li, Junyan; Chen, Zhenxian (ed.). (2020). Computational modelling of biomechanics and biotribology in the musculoskeletal system: biomaterials and tissues. Woodhead Publishing. [in English]
9. K. Aava Rani – Learning Unity Physics. (2012). Learn to implement Physics in interactive development using. 156 с. [in English]
10. Michaud, Benjamin, et al. (2022). Biotim, a python framework for musculoskeletal optimal control in biomechanics. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 53.1: 321-332. [in English]
11. Michaud, Benjamin; Begon, Mickaël. (2021). biorbd: A c++, python and matlab library to analyze and simulate the human body biomechanics. *Journal of open source software*. 6.57: 2562. [in English]
12. Middleton, John; Pande, Gyan; Jones, Malcolm L. (ed.). (2020). Computer methods in biomechanics and biomedical engineering 2. CRC Press. [in English]
13. Pueo, Basilio; Penichet-Tomas, Alfonso; Jimenez-Olmedo, Jose Manuel. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology & Behavior*. 227: 113144. [in English]
14. Stergiou, Nicholas. (2020). Biomechanics and gait analysis. Academic Press. [in English]
15. Turner, Ryan. C#: 3 books in 1-The Ultimate Beginners, Intermediate and Expert Guide to Master C# Programming. Publishing Factory, 2020. [in English]
16. Uchida, Thomas K.; Delp, Scott L. (2021). Biomechanics of movement: the science of sports, robotics, and rehabilitation. Mit Press. [in English]
17. Unity. Retrieved from URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Unity\(ігровий\\_рушій\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Unity(ігровий_рушій)) (2024, April, 24). [in Ukrainian]
18. Unity manual. Mecanim Animation System. Retrieved from URL: <https://docs.unity3d.com/462/Documentation/Manual/MecanimAnimationSystem.html> (2024, April, 24). [in English]
19. Villar, Oliver. (2021). *Learning Blender*. Addison-Wesley Professional. [in English]
20. X-Muscle System. Retrieved from URL: <https://blendermarket.com/products/x-muscle-system> (2024, April, 24). [in English]

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**БОЛІЛІЙ Василь Олександрович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент.

**Наукові інтереси:** методика навчання інформатики та інформаційних технологій.

**СУХОВІРСЬКА Людмила Павлівна** – кандидат педагогічних наук, доцент.

**Наукові інтереси:** методика навчання фізики на основі ресурсного підходу, методика навчання медичної та біологічної фізики.

**АБУВАТФА Самі** – старший викладач кафедри внутрішньої медицини № 3 Донецького національного медичного університету.

**Наукові інтереси:** методика вивчення анатомії людини, психологічні аспекти викладання анатомії людини в медичних університетах.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**BOLILYI Vasyi Oleksandrovyeh** – PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies.

*Scientific interests:* the methodology of teaching computer science and ICT.

**SUKHOVIRSKA Liudmyla Pavlivna** – PhD (pedagogical sciences), Associate Professor of the Department of Medical Physics and Information Technologies.

*Scientific interests:* the methodology of teaching physics on the basis of the resource approach, the method of teaching medical and biological physics.

**ABUVATFA Sami** – assistant of the Department of Internal Medicine N3 of the Donetsk National Medical University.

*Scientific interests:* methods of teaching human anatomy, psychological aspects of teaching the discipline of human anatomy in medical universities.

Стаття надійшла до редакції 01.05.2024 р.

УДК 378

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-214-133-137

**БОНДАР Анна Вікторівна** –

ст. викладач кафедри іноземних мов

Національного транспортного університету

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0016-7953>

e-mail: 4obav@ukr.net

**САМАР Олена Миколаївна** –

ст. викладач кафедри іноземних мов

Національного транспортного університету

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8470-3121>

e-mail: samar\_o\_m@ukr.net

**ФУРМАНЧУК Наталія Миколаївна** –

ст. викладач кафедри іноземних мов

Національного транспортного університету

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6449-4401>

e-mail: fmnata@ukr.net

## ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ЯК ЕФЕКТИВНОГО ІНСТРУМЕНТУ ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ

У статті розглянуто особливості використання штучного інтелекту під час викладання іноземних мов у закладах вищої освіти. Підкреслено думку, що інтеграція штучного інтелекту та авторських методик викладачів дозволяє автоматизувати рутинні завдання в навчанні, вдосконалити мовну компетенцію, збільшити лексичний запас, покращити вимову та навчитись вільно реалізовувати здобуті мовленнєві вміння в різних ситуаціях. Для реалізації поставлених цілей використовували різноманітні дослідницькі методики, зокрема експериментальні проєкти, опитування, тематичні дослідження, узагальнення та систематизацію наукових джерел з елементами теоретичного аналізу та синтезу.

Також проаналізовано низку корисних функцій штучного інтелекту, таких як розпізнавання мови, переклад, підтримка навчання лексики та граматики, створення інтерактивних вправ і тестів для студентів. З'ясовано, що всі ці аспекти сприяють зростанню мотивації до навчання та активної участі студентів у процесі опанування іноземної мови. Водночас, увагу акцентовано на тому, що ШІ не може повністю замінити глибоке навчання та навички, які можна отримати через роботу з викладачами та традиційними методами навчання.

Крім того, у статті розглянуто приклади платформ штучного інтелекту MagicSchool.ai та Twee, розроблених для оптимізації робочого навантаження викладача, покращення комунікації та підтримки спеціальних освітніх потреб. Доведено, що інструменти, запропоновані на платформах, значно покращують навички студентів у володінні іноземною мовою, водночас надаючи викладачам можливість оптимізувати свою роботу та прискорити навчальний процес; також вони допомагають у плануванні занять, оцінюванні студентів, створенні індивідуальних навчальних програм.

У підсумках зазначено, що використання можливостей штучного інтелекту на заняттях з іноземної мови у ЗВО відкриває нові горизонти для викладання та навчання, а саме: робить заняття більш динамічними, цікавими завдяки візуалізації інформації, інтерактивним вправам та ігровим елементам; стимулює когнітивні функції студентів, розвиваючи пам'ять, увагу, логічне та абстрактне мислення. Проте важливо пам'ятати, що ШІ не може повністю замінити людський фактор у навченні мови, адже він не наділений емпатією, не може дати емоційну підтримку та налагодити особистий контакт з кожною людиною.

**Ключові слова:** викладання іноземних мов, інтерактивність, оптимізація роботи викладача, платформи ШІ, штучний інтелект.

**BONDAR Anna Viktorivna** –

a senior lecturer at the Department of foreign languages

of National Transport University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0016-7953>

e-mail: 4obav@ukr.net

**SAMAR Olena Mykolayivna** –

a senior lecturer at the Department of foreign languages

of National Transport University

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8470-3121>

e-mail: samar\_o\_m@ukr.net