

РОЗРОКА ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ БІОНІЧНИХ 3D-МОДЕЛЕЙ ПРОТЕЗІВ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Описується важливість та актуальність ролі біомедичної інженерії, також надається огляд роботи системи та пропонується використання методу машинного навчання для збору індивідуальних мозкових сигналів для руху кінцівками.

Ключові слова: протезування, метод машинного навчання, програмна система.

Abstract

The importance and relevance of the role of biomedical engineering is described, an overview of the system is provided, and the use of machine learning to collect individual brain signals for limb movement is proposed.

Keywords: prosthetics, machine learning method, software system,

Вступ

З початком введення військового стану по всій території України з 24 лютого 2022 року почала зростати актуальність проблеми, що пов'язана з затримкою розробки протезів для військових із втратами кінцівок. Зазвичай реалізація хорошого індивідуального протеза, що буде біонічно влаштованим у втрачену частину тіла, вимагає великої кількості часу та ресурсів [1]. З таким завданням впоратися зможуть лише висококваліфіковані спеціалісти, яких в Україні недостатньо.

Актуальність цього питання зростає, оскільки кількість військовослужбовців з утраченими кінцівками щодня стрімко збільшується. Часто не вистачає необхідної кількості протезистів, які здатні швидко розробити і виготовити необхідний протез для реабілітації. Деякі розроблені протези є незручними і викликають дискомфорт у пацієнтів, що є ще однією вагомою проблемою.

Було вирішено розробити програмний застосунок з використанням машинного навчання для автоматизованої розробки 3D-моделей біонічного протеза, що не вимагає великої кількості персоналізованого проходження досліджень пацієнтом, а містить усі необхідні елементи, що збиратимуть дані на місці.

У зв'язку з веденням військових дій на території України збільшилась кількість травм від вибухових пристроїв, переохолоджень, захворювань артерій, набутих вад кінцівок [1]. За даними ВООЗ близько 30 мільйонів осіб потребують протезів для кінцівок або пристроїв для покращення мобільності, але менше 20% з них мають доступ до таких засобів. Крім того, для деяких пацієнтів лікування вимагає подолання значних відстаней, що призводить до значних часових та фінансових витрат [2].

Тому важливою є розробка програмного комплексу з використанням машинного навчання для створення індивідуалізованих біонічних протезів на основі 3D-друку.

Розробка програмного застосунку

Програмний застосунок орієнтований на автоматизацію процесу розробки протезів з використанням 3D моделювання та друку, що має важливе практичне значення з огляду на покращення процесу створення протезів, що полегшить життя пацієнтів та прискорить їх реабілітацію.

Увесь процес розробки біонічного протеза для пацієнта складається з етапів, що зображено на рисунку 1.

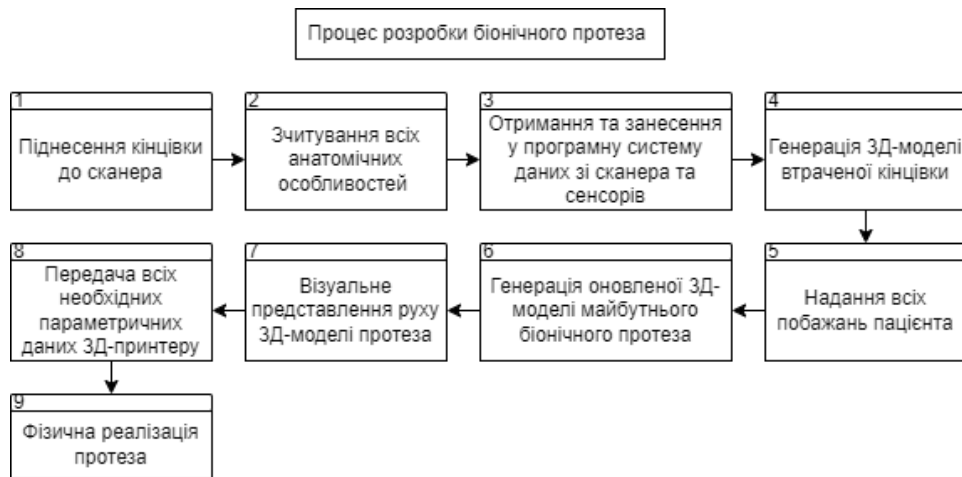


Рисунок 1 – Процес розробки біонічного протеза

Опишемо етапи процесу розробки протеза з використанням програмного комплексу створення 3D моделей.

Спочатку потрібно забезпечити правильне положення та фіксацію кінцівки для точного сканування. Потім, за допомогою сканера відбувається зчитування анатомічних деталей, таких як розміри, форма, текстури тощо, для отримання високоякісних тривимірних даних про ампутовану кінцівку. Зібрані дані зі сканера та сенсорів передаються та інтегруються у розроблену програмну систему.

Наступний етап полягає у створенні тривимірної моделі ампутованої кінцівки для візуального подання. Узгодження та врахування побажань пацієнта щодо майбутнього протеза є також необхідним, оскільки дає можливість врахувати індивідуальні побажання щодо дизайну та кольору. З урахуванням введених параметрів відбувається генерація 3D-моделі біонічного протеза. Додатково реалізується симуляція рухів та функціональності протеза у віртуальному середовищі.

Далі здійснюється передача необхідних параметрів та даних для виготовлення протеза на 3D-принтері. Останній етап полягає у фізичній реалізації майбутнього біонічного протеза.

Розроблені протези додатково будуть наділені мобільністю. Зокрема, протез руки матиме можливість повертатись у кисті (та зоні передпліччя) на 360 градусів, що буде необхідно для реалізації окремих нехарактерних для людей рухів. Також можна буде розділяти протез у зоні ніг для можливості заміни кінцівки протезу, наприклад, на протез для гірничого туризму чи окремого виду спорту.

При розробці програмного застосунку використано множинні моделі з урахуванням необхідності обробки результатів багатофакторного аналізу даних.

Інструменти, технології та методи

Для розробки програмного застосунку було обрано мову програмування Python через доступність бібліотек і фреймворків для обробки даних, машинного навчання, 3D-моделювання та візуалізації, які спрощують зусилля з розробки.

З методів машинного навчання використано рекурентні нейронні мережі для аналізу послідовностей даних, згорткові нейронні мережі для обробки зображень, методи передбачення часових рядів для прогнозування майбутніх рухів.

Також використовуються методи фільтрації сигналів, такі як фільтр Калмана або адаптивні фільтри, для покращення точності обробки мозкових сигналів та сигналів сенсорів.

Джерела даних, що використовуються для розробки програмного забезпечення, наведено на рисунку 2.



Рисунок 2 – Джерела даних

Для мозкових сигналів планується використати поширені види електрофізіологічних сигналів. Сигнали з електроенцефалограми використовуватимуться для визначення різних станів мозку та намірів користувача. Дані електроміографії необхідні для визначення електричної активності м'язів від мозку. Використання сигналів глибинного мозку актуальні для пацієнтів з можливою хворобою Паркінсона, епілепсії, депресії тощо. Функціональна магнітно-резонансна томографія вимірює кровообіг у частинах мозку і використовується для визначення активності мозкових областей, пов'язаних з рухами та намірами користувача.

sEMG – необхідний для виміру активності конкретного м'яза на поверхні шкіри.

mEMG – сигнали скорочення або розслаблення, характерні для декількох м'язових груп і використовуються для визначення загальної м'язової активності певної ділянки тіла.

dEMG – необхідний для визначення координат рухів, вимірює різницю між активністю 2-ох або більшої групи м'язів.

fEMG – його дані використовуватимуться для навчання алгоритмів машинного навчання для розпізнавання конкретних рухів.

Дані гіроскопа та акселерометра потрібні для визначення положення та орієнтації протеза, а також для виявлення рухів пацієнта.

Інерційні вимірювачі необхідні для відтворення зміни швидкості та прискорення протеза в реальному часі.

Сенсори тиску та напруги вимірюють тиск і напругу, які виникають під час взаємодії між протезом і навколишнім середовищем або предметами. Ці дані використовуватимуться для визначення сили та інтенсивності контакту протеза з навколишнім середовищем.

Дані з сенсорів дотику та розташування використовуватимуться для виявлення та управління взаємодією протеза з навколишнім середовищем та об'єктами.

Геометричні дані використовуються для створення точної копії природної кінцівки для подальшого виготовлення протеза. Містять в собі 3D модель кінцівки, яка описує її форму, розміри та структуру.

Детальна інформація про анатомічні особливості кінцівки, наприклад розташування кісток, суглобів, м'язів та інших тканин, необхідно для створення протеза, який імітує природну структуру та функції кінцівки. Ця інформація використовується для максимально точного налаштування протезного пристрою відповідно до точної анатомії людини, забезпечуючи функціональність.

Дані про текстурні особливості можуть бути використані для створення реалістичного зовнішнього вигляду протеза з забезпеченням шорсткості і відблиску.

Динамічні дані допомагають вивчити обсяг рухів та їх динаміку для підтримки натурального та зручного руху протеза.

Висновки

Використання спеціалізованого програмного забезпечення для виготовлення сучасних протезів кінцівок акумулює комплекс програмних засобів для зчитування і формування масиву вхідних даних, створення 3D моделей з ітераційним уточненням результатів параметричного аналізу даних, формування вихідного набору даних для 3D друку протезів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. L. Resnik, et al, 2012. Advanced upper limb prosthetic devices: implications for upper limb prosthetic rehabilitation. Archives of physical medicine and rehabilitation, 93(4), pp.710-717.
2. Кінцівки з принтера: як 3D-друк та протезування допомагають людям з інвалідністю (2021). URL: <https://bit.ua/2021/09/3d-druk-ta-protezuвання/>.

Шиндирук Вікторія Дмитрівна — студентка групи ІІІ-216, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: svikaa1998@gmail.com

Viktoriia Shyndyruk — student of group ІPI-21b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: svikaa1998@gmail.com