

Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Departamentul Ingineria Software și Automatică

Admis la suținere

Șef departament:

Ion Fiodorov, conf. univ., doctor,

„_____” _____ 2022

**Algoritmi de recunoaștere automată a gesturilor mâinii,
captate prin contracția mușchilor**

**Algorithms of automatic recognition of hand gestures
captured by muscle contractions**

**Алгоритмы автоматического распознавания жестов
руки, захватываемые при помощи сокращений мышц**

Teză de master

Student:	Kovalskii Vladislav, grupa TI-201M
Conducător:	Ion Fiodorov, conf.univ.,doctor,
Consultant:	Cojocaru Svetlana, lector univ. mag.

Chișinău, 2022

REZUMAT

Lucrarea cuprinde: 3 capitole, 28 figuri, 2 tabele, 38 surse bibliografice și 1 anexă.

Cuvinte-cheie: potențial bioelectric, control bioelectric, electrozi, machine learning, proteză.

Scopul lucrării: scopul acestei lucrări este dezvoltarea metodei de prelucrare și recunoaștere a gesturilor mâinii folosind învățarea automată și contracția mușchilor.

Obiectivele generale – Analiza bibliografică în domeniul cercetat, analiza tehnologiilor de învățare automată, analiza mijloacelor și metodelor de achiziție și procesare a semnalelor bioelectrice, dezvoltarea metodei de prelucrare și recunoaștere a gesturilor mâinii folosind învățarea automată și contracția mușchilor.

Domeniul de cercetare - este utilizarea învățării automate și a contracțiilor musculare pentru recunoașterea gesturilor mâinii și, în special, pentru a controla o proteză electronică multifuncțională.

Originalitate științifică - prelucrarea și recunoașterea gesturilor mâinii folosind învățarea automată și contracția mușchilor, utilizarea a 8 senzori pentru a citi contracțiile musculare și a controla sistemul, utilizarea algoritmilor de învățare automată, dezvoltarea unei componente software pentru funcționarea sistemului.

Teza cuprinde în sine introducere, trei capitole, concluzii și bibliografie.

Capitolul I descrie analiza tehnologiilor de învățare automată.

Capitolul II descrie analiza mijloacelor și metodelor de achiziție și procesare a semnalelor bioelectrice.

Capitolul III descrie dezvoltarea metodei de prelucrare și recunoaștere a gesturilor mâinii folosind învățarea automată și contracția mușchilor, descrie dispozitivele și tehnologiile necesare pentru dezvoltare și modul de funcționare a sistemului.

În concluzie se notifică că scopul principal al proiectului a fost atins, se remarcă gradul de realizare, valoarea și semnificația proiectului, sarcinile executate.

ANNOTATION

The thesis includes: 3 chapters, 28 figures, 2 tables, 38 bibliographic sources and 1 annexe.

Keywords: bioelectric potential, bioelectric control, electrodes, machine learning, prosthesis.

Purpose: the goal of this thesis is to develop the method of processing and recognizing hand gestures using machine learning and muscle contraction.

General objectives: bibliographic analysis in the researched field, analysis of machine learning technologies, analysis of methods and techniques for collecting and processing bioelectrical signals, development of a method for processing and recognizing hand gestures using machine learning and muscle contraction.

Research field: is the use of machine learning and muscle contractions of the hand to recognize hand gestures and, in particular, to control an electric prosthesis.

Scientific originality: development of a method for processing and recognizing hand gestures using machine learning and muscle contractions, use of 8 sensors for data reading and system control, use of machine learning algorithms, development of a software component for system operation.

This thesis contains an introduction, three chapters, conclusion and a bibliography list.

Chapter one describes methods and techniques for developing multifunctional prostheses for limbs.

The second chapter presents analysis of methods and techniques for collecting and processing bioelectrical signals.

The third chapter describes the development of a method for processing and recognizing hand gestures using machine learning and muscle contractions, describes the devices and technologies required for development, and also describes how the system works.

In conclusion it is stated that the main purpose of the project was attained, the complete description of the competency and the readiness of the real-life realization of the project is given, as well as the value and significance of it are stated along with the project's achieved objectives.

АННОТАЦИЯ

Работа включает в себя: 3 главы, 28 рисунков, 2 таблицы, 38 библиографических источников и 1 приложение.

Ключевые-слова: биоэлектрический потенциал, биоэлектрическое управление, электроды, машинное обучение, протез.

Цель работы: целью данной работы является разработка метода обработки и распознавания жестов руки с использованием машинного обучения и сокращения мышц руки.

Общие задачи: библиографический анализ в исследуемой области, анализ технологий машинного обучения, анализ методов и способов сбора и обработки биоэлектрических сигналов, разработка метода обработки и распознавания жестов руки с использованием машинного обучения и сокращения мышц.

Предмет исследования: предметом исследования дипломной работы является использование машинного обучения и мышечных сокращений руки для распознавания жестов руки и в частности для управления электрическим протезом.

Научная оригинальность: разработка метода обработки и распознавания жестов руки с использованием машинного обучения и сокращения мышц, использование 8 датчиков для считывания мышечных сокращений и управления системой, использование алгоритмов машинного обучения, разработка программной составляющей для функционирования системы.

Дипломная работа состоит из введения, трех глав, заключения и библиографии.

Глава I описывает анализ технологий машинного обучения.

Глава II описывает анализ методов и способов сбора и обработки биоэлектрических сигналов.

Глава III описывает разработку метода обработки и распознавания жестов руки с использованием машинного обучения и сокращения мышц, описывает устройства и технологии необходимые для разработки, а также описывает принцип работы системы.

В Заключении отмечается, что основная цель проекта была достигнута, отмечается степень готовности работы, её ценность и значимость, а также реализованные задачи.

СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	10
1.1 Машинное обучение.....	10
1.2 Методы и способы машинного обучения.....	14
1.2.1 Обучение с учителем.....	14
1.2.2 Обучение без учителя.....	16
1.2.3 Обучение с частичным привлечением учителя.....	18
1.2.4 Обучение с подкреплением.....	19
1.2.5 TensorFlow.....	20
1.2.6 Scikit-Learn.....	22
2 АНАЛИЗ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ СБОРА И ОБРАБОТКИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.....	23
2.1 Биоэлектрические сигналы.....	23
2.2 Методы сбора и обработки биоэлектрических сигналов.....	26
2.2.1 Электромиография.....	28
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОБРАБОТКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ РУКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ МЫШЦ.....	32
3.1 Устройство браслета и принцип действия.....	33
3.2 Мини компьютер для управления системой.....	38
3.3 Алгоритм распознавания жестов.....	39
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
БИБЛИОГРАФИЯ.....	49
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	52
1 Код программы для распознавания движения пальцев руки.....	52

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Актуальность темы исследования обусловлена следующими факторами:

Первый фактор: Использование данной технологии в системах виртуальной реальности, что позволит отказаться от джойстиков и повысить реалистичность.

Второй фактор: Использование данной технологии для управления мобильными устройствами.

Третий фактор: И, по моему мнению, являющийся самым важным и высокоэффективным – это использование данной технологии для реабилитации людей потерявших конечности (ампутантов) и людей с дефектом, полученным при рождении и в частности для управления электронными многофункциональными протезами, позволяющими к примеру, восстановить все функции руки, то есть восстановит способность пользователя к самообслуживанию (самостоятельной деятельности). По неутешительной статистике во всем мире, большое количество людей теряют часть или даже всю конечность тела по разным причинам: в результате инфекций, несчастных случаев, диабетической невропатии или даже рака. И все эти люди нуждаются в протезах. По подсчетам врачей, лишь в Молдове около 300 людей нуждаются в таковых. И надо понимать, что для создания более совершенных систем такого типа, основной преградой является не сложность электронных или механических компонентов, а чтение и обработка сигналов (биопотенциалов) человеческого тела. Так, например, при поднятии лишь руки, в мозгу активируется по меньшей мере около 400 миллионов нейронов.

Цели и задачи работы

Целью данной работы является разработка метода обработки и распознавания жестов руки с использованием машинного обучения и сокращения мышц руки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- произвести анализ технологий машинного обучения;
- произвести анализ методов и способов сбора и обработки биоэлектрических сигналов;
- разработка метода обработки и распознавания жестов руки с использованием машинного обучения и сокращения мышц;
- разработка метода управления интеллектуальным протезом.

Объект исследования дипломной работы

Объектом исследования дипломной работы является метод обработки и распознавания жестов руки с использованием сокращения мышц и алгоритмов машинного обучения.

Предмет исследования дипломной работы

Предметом исследования дипломной работы является использование машинного обучения и мышечных сокращений руки для распознавания жестов руки и в частности для управления электрическим протезом.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] - Жерон Орельен. *Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем*, 2-е изд. : Пер. с англ. — СПб. : ООО “Диалектика”, 2020. — 1040 с.: ил. — Парал. тит. англ. - ISBN 978-5-907203-33-4 (рус.)
- [2] - Bell J. *Machine Learning Hands-On for Developers and Technical Professionals*; Published by John Wiley & Sons, Inc. 10475 Crosspoint Boulevard Indianapolis, IN 46256, 2014. — 408 p. — ISBN: 978-1-118-88906-0
- [3] - Домингос Педро. *Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир*; пер. с англ. В. Горохова ; [науч. ред. А. Сбоев, А. Серенко]. — М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016. — 336 с. - ISBN 978-5-00100-172-0
- [4] - Mitchell T. *Machine learning*. Publisher: McGraw-Hill, 1997. 414 p. — ISBN: 0070428077.
- [5] - Alpaydin Ethem. *Introduction to machine learning*; 3rd ed. — MIT Press, 2014. — 640 p. — ISBN 0262028182, 9780262028189.
- [6] - Theobald Oliver. *Machine Learning for Absolute Beginners*; 2nd ed. -Scatterplot Press, 2017. — 155 p. — ISBN 1549617214.
- [7] - Michie D., Spiegelhalter D.J., Taylor C.C. (Eds.) *Machine Learning, Neural and Statistical Classification* - Ellis Horwood Publishing. 1994. - 298 p. -
- [8] - Shukla Nishant. *Machine Learning with TensorFlow*; Manning Publishing, 2017. — 251 p. — ISBN 1617293873.
- [9] - Turner Ryan. *Python Machine Learning The Ultimate Beginner's Guide to Learn Python Machine Learning Step by Step Using Scikit-Learn and Tensorflow*; Publisher: nelly B.L. International Consulting LTD., 2019. — 144 p. - ISBN: 978-1647710033.
- [10] - Burkov A. *The Hundred-Page Machine Learning Book*; Publisher: Andriy Burkov, 2019. - 160 p. - ISBN 199957950X.
- [11] - Логотип TensorFlow. [цитат 2021/09/28] Disponibil: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/11/TensorFlowLogo.svg/1200px-TensorFlowLogo.svg.png>
- [12] - Что такое Scikit-learn. [цитат 2021/09/28] Disponibil: <https://datastart.ru/blog/read/chto-takoe-scikit-learn-gayd-po-populyarnoy-biblioteke-python-dlya-nachinayuschih>
- [13] - Geron Aurelien. *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems*; 2nd Edition. (3rd. Rev.) — Publisher: O'Reilly, 2019. — 856 p. - ISBN: 1492032646
- [14] - Логотип Scikit-learn. [цитат 2021/09/28] Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Scikit-learn#/media/File:Scikit_learn_logo_small.svg

- [15] - Гурфинкель В.С., Малкин В.Б., Цетлин М.Л., Шнейдер А.Ю; *Биоэлектрическое управление* - Издательство “Наука” 1972 ,103717 ГСП Москва К-62. УДК 612.014.421.
- [16] - Subasi A. *Practical Guide for Biomedical Signals Analysis Using Machine Learning Techniques: A MATLAB Based Approach*; Publisher: Academic Press, 2019. — 449 p. — ISBN 978-0-12-817444-9.
- [17] - Русинов В.С., Гриндель О.М., Болдырева Г.Н., Вакар Е.М. *Биопотенциалы мозга человека*; Издательство М.: Медицина, 1987. — 256 с. – Б039(01)-87
- [18] - Барабанов С.В., Черняев С.Г.; *Общая физиология возбудимых тканей. Часть 1. Биопотенциалы; Методическое пособие*. С.-Пб.: СПбГМУ им. академика И.П. Павлова, Кафедра нормальной физиологии (БАРТ), 1991. — 24 с.
- [19] - Рангайян Р.М. *Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход.* / Пер. с англ. Под. Ред. А.П. Немирко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. -440 с. – ISBN 978-5-9221-0730-3.
- [20] – *Потенциал действия кардиомиоцита*. [citat 2021/09/30] Disponibil: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/53/Cardiac_muscle_cell_action_potential_ru.svg/640px-Cardiac_muscle_cell_action_potential_ru.svg.png?1632945741035
- [21] - К.В Зайченко., Жаринов О.О., Кулин А.Н .*Съем и обработка биоэлектрических сигналов: Учебное пособие*/ Под ред. К.В Зайченко. СПбГУАП. СПб., 2001. 140 с.: ил. ISBN 5-8088-0065-X
- [22] - Гусев Е.И., Коновалов А.Н., Скворцова В.И., Гехт А.Б., *Неврология. Национальное руководство*; М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 1035 с.
- [23] - *Схема наложения электродов при записи ЭКГ*. [citat 2021/10/01] Disponibil: https://zinref.ru/000_uchebniki/03200medecina/000_03_anatomia_i_fiziologia_vorobiova_1981/000/083_232000111.jpg
- [24] - Kamen G., *Gabriel D. Essentials of Electromyography*; Champaign: Human Kinetics, 2009. — 281 p.- ISBN-13: 978-0-7360-8550-2
- [25] - Пример поверхностного электрода.[citat 2021/10/02] Disponibil: <http://image.eostatic.com/1/337/201712165a34c5634b331.jpg>
- [26] - Пример локального (игольчатого) электрода.[citat 2021/10/02] Disponibil: https://enmg.info/wp-content/gallery/d0b8d0bdd184d0bed180d0bcd0b0d186d0b8d18f-d0b4d0bbd18f-d0bfd0b0d186d0b8d0b5d0bdd182d0bed0b2/a_very_fine_needle_by_Joe_Stevens.jpg
- [27] - *Операционный усилитель ST 78589 VA1814*. [citat 2021/11/01] Disponibil: <https://imgur.com/CctnnR>
- [28] – *Bluetooth nRF51822*. [citat 2021/11/01] Disponibil: <https://www.nordicsemi.com/products/nrf51822>
- [29] – *Спецификации Bluetooth передатчика NRF51822*. [citat 2021/11/01] Disponibil: <https://www.nordicsemi.com/-/media/Software-and-other-downloads/Product-Briefs/nRF51822-product-brief.pdf?la=en&hash=A4B5A9AA6675A58F7B779AF81C860CD69EB867FD>

- [30] - *Микропроцессор MK22FN1M0*. [цитат 2021/11/01] Disponibil: https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/029/291/medium800/wearables_my-armband-main-board-front.jpg?1450909439
- [31] - *K22F Sub-Family Data Sheet*. [цитат 2021/11/01] Disponibil: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/K22P64M120SF5V2.pdf>
- [32] – *9-ти осевой датчик MPU-9150* . [цитат 2021/11/01] Disponibil: https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/029/292/medium800/wearables_my-armband-main-board-back.jpg?1450909468
- [33] - *MPU9150*. [цитат 2021/11/01] Disponibil: <https://invensense.tdk.com/products/motion-tracking/9-axis/mpu-9150/>
- [34] – *Аккумулятор браслета Myo*. [цитат 2021/11/01] Disponibil: https://cdn-learn.adafruit.com/assets/assets/000/030/337/medium800/wearables_myo-armband-teardown-06.jpg?1454513894
- [35] – *Миникомпьютер Raspberry Pi 3*. [цитат 2021/11/01] Disponibil: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- [36] – *What is a Raspberry Pi?* [цитат 2021/11/01] Disponibil: <https://opensource.com/resources/raspberry-pi>
- [37] – *What is a Raspberry Pi?* [цитат 2021/11/01] Disponibil: <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>
- [38] – *к-ближайших соседей*. [цитат 2021/11/03] Disponibil: <https://loginom.ru/blog/knn>