

РОЗРОБКА МОБІЛЬНИХ РОБОТО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ВИКОНАННЯ ПРОЦЕДУР ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ М'ЯЗОВОЇ АКТИВНОСТІ

Запропоновано варіанти устаткування реалізації інноваційної технології віддаленого відновлення втраченої м'язової активності у наслідок довготривалих хвороб та травм. Проведено порівняльний аналіз та запропоновано для подальшого розвитку сімейної медицини та віддаленого відновлення, що реалізує нагляд сімейного і спеціальних лікарів, завдяки використанню комунікаційних технологій ІоМТ. Пропонується розвивати модульний принцип побудови устаткування для забезпечення принципу соціальної активності.

Ключові слова: Віддалене відновлення, мобільні платформи, бортовий робот, змінні захвати, процедури за приписом, модульний принцип.

1. Вступ

Відновлення втраченої активності м'яз верхніх та нижніх кінцівок унаслідок завершення гострої фази інсульту, інфаркту [1] і інших довго тривалих хвороб або травм м'язів є трудомістким, довготривалим економічно-витратним процесом, що лягає на плечі кожної родини [2]. В умовах військових дій і постійного стресу населення України, актуальність віддаленого відновлення стає надзвичайно актуальною і важливою проблемою [3]. У свою чергу пошуки інноваційних технічних засобів соціально-доступних легких для швидкої доставки модулів, що реалізують принцип конструктора «увмікни та використовуй» стає актуальною проблемою відновлення суспільства в усьому світі.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Робота [4] оглядає та узагальнює практичний досвід чотирнадцяти професій комплементарної медицини лікарів Австралії, як результат роботи інноваційної багатомодальної дослідницької мережі, що базується на практиці (PBRN). Означені результати та мета і напрямки проєкту PRACI, як засобу сприяння подальшим дослідженням через PRACI PBRN поширюватиметься за межі однієї країни. Очевидно, що доповнення новими можливостями ІоТ створюється нові передумови розвитку і поширення [5]. Робота [6] комплексно подає результати міжвузівської робочої групи з питань інсульту. Створено нею Національне клінічне керівництво щодо інсульту стало підставою для інструментального вдосконалення і впровадження. Нова концепція будови засобів автоматизації і роботизації та покрокового формування інновацій для створення самодостатніх модулів приладів для віддаленої відновлювальної медицини сформульована у роботі [7]. Її подальший розвиток ґрунтується на результатах технічних, винахідницьких [8] і теоретичних [9] робіт спостерігається у подальших роботах [10-13]. Разом з тим нерозв'язаною лишається задача створення технічних засобів соціально-доступних модулів відновлення швидкої доставки до пацієнтів, що реалізують принцип конструктора «включи та використовуй».

3. Мета та задачі дослідження.

Метою роботи є: підвищити ефективність соціально-доступних засобів відновлення, що реалізують принцип конструктора шляхом їх утворення із самодостатніх окремих модулів «включи та користуйся». Для досягнення поставленої мети було поставлено одну із комплексу задач:

- розробити маніпулятор, що забезпечить роботу із змінними модулями відновлення для різних груп м'язів.

4. Формування структури автоматизованої системи віддаленого відновлення

Для реалізації і дослідження потенціальних можливостей мобільних робото-технічних систем (МРТС) та систем бездротового керування було розглянуто наступну структуру автоматизованої системи керування (АСК), концептуальну модель якої може бути зведено до мобільної платформи, маніпулятора, та змінних засобів реабілітації і комп'ютеризованих систем спостереження і комунікаційної мережево-серверної взаємодії. Було поставлено задачу: - розробити маніпулятор, що забезпечить роботу із змінними модулями відновлення для різних груп м'язів. Забезпечення роботи та реалізація складних рухів маніпулятору, що керується смартфоном відкриває перспективи принципово нового його застосування. Сам маніпулятор, що було виготовлено та налаштовано має чотири ступеня рухливості та складається з трьох серводвигунів MG995, а також одного серводвигуна SG90, мікроконтролера Arduino Uno та Bluetooth датчику HC-05, два

блоки живлення постійного струму: перший блок живлення має 12 вольт та живить мікроконтролер Arduino Uno, а другий блок живлення на 5 вольт під'єднується для живлення чотирьох серводвигунів у приводах маніпулятора. Серводвигуни в маніпуляторі обертаються максимум на 180° . При подачі живлення на мікроконтролер з'явиться точка підключення Bluetooth до якої слід під'єднатися за допомогою смартфона під управлінням Android. В програмному застосунку для керування маніпулятором у інтерфейсі передбачено чотири активні візуальні засоби, які змінюються пальцями рук оператора керують кожним із серводвигунів приводів маніпулятора. Зміна положення повзунка змінює пропорційно кутові положення відповідного серводвигуна та ланок маніпулятора. Схему макету підключення зображено на рисунку 1.

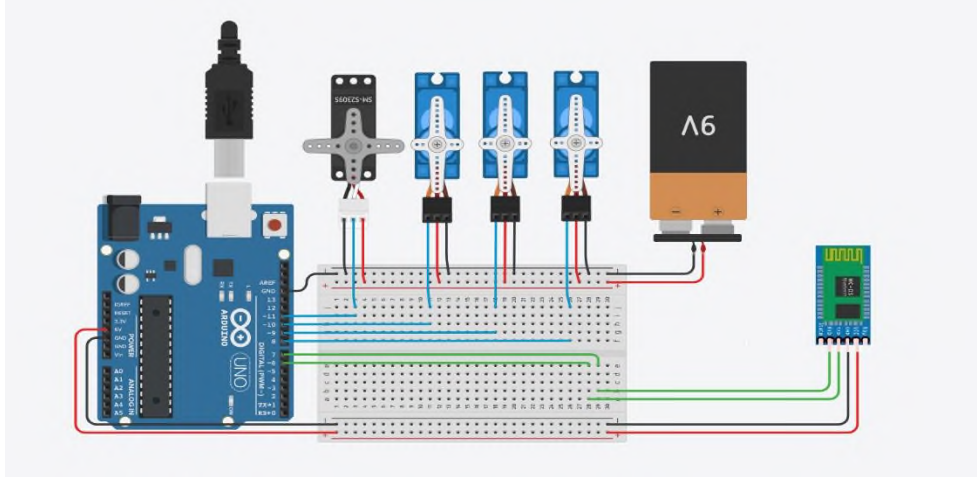


Рисунок 1 – Схема підключення елементів маніпулятора

У ході експериментального дослідження вивчались можливості застосування маніпулятора для виконання процедур відновлення за допомогою засобів, швидкої зміни модуля реабілітації. Фото експериментального маніпулятора представлено на рисунку 2.

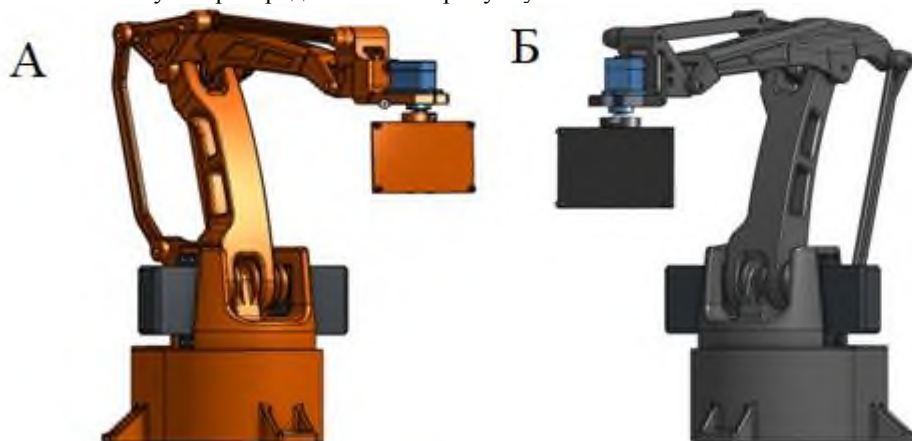


Рисунок 2 - Фото експериментального маніпулятора, який виготовлено за технологією 3D друку:
А – з матрицею електростимуляції; Б – з матрицею вакуумного розтягу

У ході випробувань було встановлено властивості і результати та сформульовано наступні висновки: На підставі дослідження механічної придатності даної конструкції маніпулятора до виконання таких робіт було встановлено, що міцність ланок, потужність та моменти приводів повинні проєктуватись не тільки за величиною сили затиску захвату. Також необхідно враховувати при розрахунках на міцність вагу тіла пацієнта і витримувати навантаження, що виникають у наслідок не передбачуваних його рухів. Поверхні дотику повинні проєктуватись міцними, але не твердими із тонкими гострими краями та металевими і холодними.

Крім того ступень рухливості чотири не є достатньою для виконання широкого спектру операцій і повинна бути забезпечена додатковим переміщенням. Конструкція, що здійснює таке переміщення повинна бути жорсткою конструкцією та витримувати дотики та вагу рук і нижніх кінцівок пацієнта. На підставі аналізу результатів роботи з першими макетами було розроблено конструкцію маніпулятора із використанням підкріплень і з'єднань з товстого оргскла, яка здатна витримувати значно більші навантаження. Вибір листового матеріалу різної товщини та технології лазерної різки забезпечив підвищення продуктивності виготовлення деталей конструкції. Таким чином практично було апробовано технічні можливості зменшити собівартість виготовлення деталей маніпулятора для систем відновлення посттравмованих шляхом лазерної різки деталей з оргскла. На рисунку 3 представлено фото маніпулятора, передбачає швидку заміну робочого органу для забезпечення проведення переліку процедур відновлення.

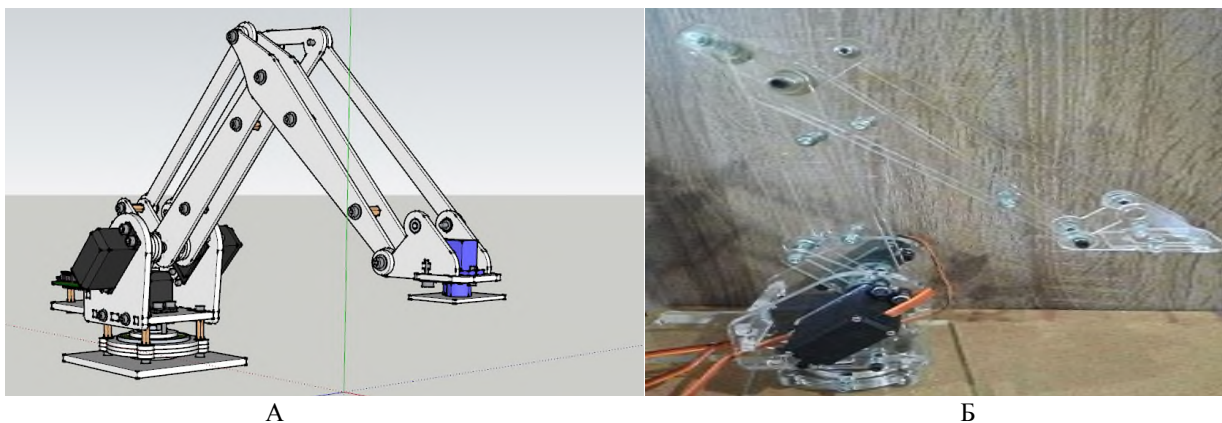


Рисунок 3 – Експериментальний маніпулятор, що керується смартфоном на базі андроїду:
А – 3D модель; Б – фото маніпулятора, що виготовлено за технологією лазерної різки.

Таким чином апробовано два типи технології виготовлення маніпуляторів відновлення. Розроблені технології, що забезпечують простоту виготовлення та малу вартість при одиничних зразках шляхом 3D моделювання та 3D друку, а при серійному виробництві засобами лазерної різки.

Обговорення результатів

Досліджено два типи конструкцій маніпуляторів для проведення процедур відновлення. Застосування композитних матеріалів разом із технологіями 3D моделювання дозволяє формувати технологічні засоби для їх випробування та промислового виготовлення. Складність процесів теоретичного дослідження напружених станів складних конструкцій із композитних матеріалів є напрямком подальших досліджень. Однак, існуюча наявність засобів самостійного дешевого альтернативного виготовлення відкриває шлях до експериментального удосконалення конструкцій. У зв'язку з цим у загальній задачі створення соціально-доступних засобів придатних для швидкої доставки модулів, що реалізують принцип конструктора «включи та використовуй», стає на одну проблем менше. Однак, що стосується керування рухом маніпулятора у ході процедури, то очевидного розвитку сучасних засобів комунікації, що продемонстровано у роботах [11-13], вимагатиме їх сумісного застосування дротових і бездротових мереж та Bluetooth.

Висновки

1. Концептуальна модель структури, що зведено до мобільної платформи, маніпулятора, та змінних засобів реабілітації і комп'ютеризованих систем спостереження і комунікаційної мережево-серверної взаємодії є шляхом практичного і теоретичного створення засобів автоматизації віддаленого відновлення.
2. Створення наборів маніпуляторів для віддаленого відновлення як соціально-доступних легких для швидкої доставки модулів, що реалізують принцип конструктора «увімкни та застосовуй» допускає швидку зміну засобів реабілітації.

References

1. Pro rehabilitatsiui u sferi okhorony zdorovia. Statia 19. Nadannia rehabilitatsiinoi dopomohy iz zastosuvanniam telerehabilitatsii. ZAKON UKRAINY. Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2021, № 8, st.59. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1053-20#Text>
2. U 2020 rotsi likuvannia hostroho mozkovoho insultu ye priorytetom v prohrami medychnykh harantii. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy, opublikovano 29 zhovtnia 2019 roku o 16:12 (<https://www.kmu.gov.ua/news/u-2020-roci-likuvannya-gostrogo-mozkovogo-insultu-ye-priorytetom-v-programi-medichnih-garantij>.)
3. Iakovlieva O. H. Osnovni shliakhy stanovlennia i rozvytku simeinoi medytsyny v Ukraini yak osnova reorhanizatsii pervynnoi medyko-sanitarnoi dopomohy naselenniu. MEDSESTRYNSTVO. № 2. 2019. – S. 16-21. DOI 10.11603/2411-1597.2019.2.10192
4. An Overview of the Practitioner Research and Collaboration Initiative (PRACI): a practice-based research network for complementary medicine / A. Steel, D. Sibbritt, J. Schloss [et al.] // BMC Complement Altern Med. –2017. – No. 17 (1).– P. 87. doi: 10.1186/ s12906-017-1609-3.
5. The Ultimate Comparison of IOT Development Boards. Open Electronics. URL:<https://www.open-electronics.org/the-ultimate-comparison-of-iot-development-boards/>. (дата звернення: 24.04.2020).
6. Intercollegiate Stroke Working Party. National Clinical Guideline for Stroke Fourth Edition. Homepage of Royal College of Physicians. 2012. <https://www.rcplondon.ac.uk/guidelines-policy/stroke-guidelines> (accessed 24.01.2020).
7. Trunov, A., Beglytsia, V., Gryshchenko, G., Ziuzin, V., & Koshovyi, V. (2021). Methods and tools of formation of general indexes for automation of devices in rehabilitative medicine for post-stroke patients. *Eastern-*

- European Journal of Enterprise Technologies*, 4(2(112), 35–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239288>
8. Trunov O. M., Volkovinska O. O. Portatyvnyi aparat elektroterapii ta stymulatsii. Patent na korysnu model. Chornomorskyi derzhavnyi universytet imeni petra mohyly. u200911589 (22) 13.11.2009 (24) 11.05.2010 (46) 11.05.2010, Biul.№ 9, 2010 r.
 9. Trunov, A. N. Peculiarities of the interaction of electromagnetic waves with bio tissue and tool for early diagnosis, prevention and treatment / A. N. Trunov // 2016 IEEE 36th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). – 2016. – P. 169–174. doi: 10.1109/elnano.2016.7493041
 10. Alexandr Trunov, Ivanna Dronyuk, Vladyslav Martynenko, Ivan Skopenko, and Maksym Skoroid. Expanding the Possibilities of Video Surveillance Monitoring and Recovery Procedures for Post-stroke Patients. Digital Ecosystems: Interconnecting Advanced Networks with AI Applications. Andriy Luntovskyy, Mikhaïlo Klymash, Igor Melnyk, Mykola Beshley, Alexander Schill Editors. Lecture Notes in Electrical Engineering. 2024. pp. 794–813. ISBN 978-3-031-61220-6 ISBN 978-3-031-61221-3 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-3-031-61221-3>
 11. Trunov A., Dronyuk I.M., Martynenko V.S., Skoroid M. Formation of a Recurrent Neural Network for the Description of IoMT Processes in Restorative Medicine for Post-stroke Patients, submitted for inclusion in the book titled. “AI Models for Blockchain-Based Intelligent Networks in IoT Systems - Concepts, Methodologies, Tools, and Applications” to be published by Springer Nature Switzerland AG. Chapter 9. DOI : 10.1007/978-3-031-31952-5
 12. Trunov, A. Recurrent Approximation in the Tasks of the Neural Network Synthesis for the Control of Process of Phototherapy. Computer Systems for Healthcare and Medicine. Edited By Piotr Bilski, Francesca Guerriero. eBook Published 1 September 2022. Pub. Location New York. Imprint River Publishers. DOI <https://doi.org/10.1201/9781003337683> Pages 292. Chapter 10, 36 pages. eBook ISBN 9781003337683. Scopus
 13. Trunov A. Synthesis of Physiotherapeutic Parameters of Devices for Post-medical Restoration of Spinal Zones Alexander Trunov © The Author(s), under exclusive license to Springer Nature Switzerland AG 2021 N. Shakhovska and M. O. Medykivsky (Eds.): CSIT 2020, AISC 1293, pp. 1–18, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63270-0_59

DOI 10.34132/mspc2025.01.06.34

Alexander Trunov
Oleksii Silveistrov
Maksym Skoroid

DEVELOPMENT OF MOBILE ROBOTIC SYSTEMS FOR PERFORMING PROCEDURES FOR RESTORING MUSCLE ACTIVITY

Variants of equipment for implementing an innovative technology of remote recovery of lost muscle activity as a result of long-term illnesses and injuries are proposed. A comparative analysis is conducted and proposed for the further development of family medicine and remote recovery, which implements the supervision of family and specialist doctors, through the use of IoT communication technologies. It is proposed to develop a modular principle of equipment construction to ensure the principle of social activity.

Keywords: Remote recovery, mobile platforms, onboard robot, interchangeable grippers, prescription procedures, modular principle.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Трунов Олександр, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Alexander Trunov, Doctor of Technical Sciences, Professor. Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: trunovalexandr@gmail.com.

Сільвейстров Олексій, PhD студент спеціальності “Автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка” факультету Комп'ютерних наук, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: vboyko333@gmail.com.

Oleksii Silveistrov, PhD student of the specialty “Automation, Computer-Integrated Technologies and Robotics” of the Faculty of Computer Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: vboyko333@gmail.com.

Скороїд Максим, викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: hahido71@gmail.com.

Maksym Skoroid, lecturer at the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies, Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: hahido71@gmail.com.

© О. Трунов, О. Сільвейстров, М. Скороїд
20.05.2025.

Стаття отримана редакцією

