

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ РУХІВ РУК ЛЮДИНИ ПІД ЧАС ТЕСТУВАННЯ В НЕВРОЛОГІЇ

Актуальність роботи. Сучасні методи відеоаналізу чи відеозахоплення (motion capture) рухів об'єкту базуються переважно на технології комп'ютерного зору відеозображень динаміки рухів, де відеозахоплення здійснюється безконтактно [1]. Існує два типи систем відеозахоплення – маркерні (із використанням кольорових маркерів або різних видів датчиків, які прикріплюються до тіла людини) і безконтактні (або безмаркерні), котрі засновані на технологіях комп'ютерного зору і розпізнавання образів [2]. Безмаркерні технології відеоаналізу засновані на аналізі взаємного розташування неоднорідних частин зображень об'єкта на послідовних кадрах і вимагають складних обчислень [2-3]. Тому застосування сучасних методів відеоаналізу є актуальною задачею біомедичної інженерії, практичної медицини, що надає змоги зареєструвати неврологічні розлади неінвазивно та обчислити основні параметри для діагностування [4].

Мета роботи. Розробити методику проведення відеореєстрації та детектування рухів рук людини методами комп'ютерного зору під час динамічного тестування на різних сенсорних та графічних пристроях із метою виявлення різних захворювань нервово-м'язової системи.

Основні результати. У клінічній практиці найчастіше використовують біомеханічні зйомки рухів верхніх кінцівок людини, наприклад, за допомогою технології відеозапису в режимі «рапід»; методу відеозахоплення із використанням пасивних світловідбивних маркерів, котрі реєструються оптичними камерами, а отримані дані анімуються і формується звіт, що дозволяє проаналізувати наочно представлені кутові й лінійні кінематичні характеристики досліджуваних рухів [4-5].

Для реєстрації положення досліджуваного сегмента тіла в просторі необхідне використання декількох камер. Вони повинні розташовуватися під різними кутами таким чином, щоб об'єкт дослідження весь час знаходився в межах їхньої видимості. Існують двовимірні (аналізують переміщення об'єкта на площині) і тривимірні системи захоплення рухів [6]. Із метою отримання тривимірних зображень мінімальне число камер повинно бути не менше восьми; більша кількість камер підвищує точність дослідження, проте дороговизна та трудомісткість процесу реєстрації обмежує його використання. Частота відеозйомки зазвичай становить 100 Гц (100 кадрів за секунду), тобто розпізнавання маркерів оновлюється 100 разів на секунду, що в кілька разів перевершує частотний спектр кутових переміщень при наземних локаціях. Для того, щоб кожна пара камер утворювала бінокулярне поле бачення необхідних розмірів, площа приміщення, де проводиться відеоаналіз, повинна становити 100-150 м². Положення камер і система координат зони дослідження визначаються за допомогою процедури калібрування (для цього використовується еталонний маркований об'єкт із відомими геометричними характеристиками і положенням у просторі) [6-8]. Сучасні системи відеозахоплення руху є вже готовими кластерами маркерів у вигляді пластинок із розміщеними на них чотирма маркерами для довгих сегментів кінцівок, «шапочки» з маркерами для голови і т.ін. Існують підходи без використання або із використанням моделі. Найчастіше застосовують модель, у якій є сегменти тіла (плече, передпліччя, кисть руки, таз,

стегно, гомілку, стопу та ін.), що представляються у вигляді лінійних відрізків (не змінюючи форму), з'єднання між якими відбувається за принципом «куля-кошик» [9-11].

На рис. 1 зображено деякі стоп-кадри двох відеофреймів, де автор наукової роботи в тестовому режимі експериментально дослідив точність відстеження положення кистей рук у просторі, де були визначені основні сегменти кисті на базі моделі трекінгу [6-9].

Як видно із рис. 1, повільне переміщення людини перед камерою з повільними рухами верхніх кінцівок надає змогу зареєструвати точність різних позицій рук. Цей метод відеоаналізу застосовується як допоміжний оптичний під час динамічного тестування учасників на цифрових графічних та сенсорних пристроях із метою виявити різні типи рухових порушень, неврологічні розлади, патологічний тремор рук та інше, оскільки є неінвазійним, точним під час обчислення амплітудно-частотних параметрів рухів верхніх кінцівок людини [7-12].



Рис. 1. Приклади стоп-кадрів відеорядів зареєстрованих рухів рук автора наукової роботи методом трекінгу об'єктів у просторі

Висновки. Отримані перші тестові результати свідчать про коректність роботи сучасних методів комп'ютерного зору для детектування рухів рук людини у просторі. Методи відеоаналізу є додатковими для практичної медицини, оскільки мають певні технічні переваги для точності діагностування.

Таким чином, комплексне дослідження рухових розладів із використанням передових інформаційних технологій та апаратних засобів надає змогу покращити діагностування неврологічних захворювань та визначення їх на ранніх стадіях, що згодом допоможе призначити своєчасне лікування.

Список використаних джерел:

1. Cappozzo A., Cappello A., Croce U.D., Pensalfini F. Surface-marker cluster design criteria for 3-D bone movement reconstruction. *IEEE Trans Biomed Eng* 1997; 44(12): 1165–1174, <http://dx.doi.org/10.1109/10.649988>.
2. Mündermann L., Corazza S., Andriacchi T. The evolution of methods for the capture of human movement leading to markerless motion capture for biomechanical applications. *J Neuroeng Rehabil* 2006; 3: 6, <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-3-6>.
3. Власенко В.П. Технология “Motion Capture”. Периферийные устройства. Запорожье; 2007. Vlasenko V.P. Tekhnologiya “Motion Capture”. Periferiynye ustroystva [Technology «Motion Capture». Peripherals]. Zaporizhia; 2007.
4. Казимиров Н.А. Разработка виртуальной системы записи движений рук для определения тремора / Н.А. Казимиров, К.Г. Селиванова // Матеріали 23 Міжнародного молодіжного форуму. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ. 2019. – С. 167 – 168
5. Селиванова К.Г. Разработка программного модуля видеорегистрации движений рук для определения типа тремора / К.Г. Селиванова, Н.А. Казимиров // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019 - Харків. - 2019. - С. 49.
6. Karina G. Selivanova, Oleg G. Avrunin, Sergii Zlepko, Yurii Y. Guminskyi, Olexander A. Poplavskyu, Konrad Gromaszek, Almagul Bizhanova, and Galim Kalimbetov "The tracking system of a three-dimensional position of hand movement for tremor detection", *Proc. SPIE* 11581, *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2020*, 115810I (14 October 2020); <https://doi.org/10.1117/12.2580330>.
7. Selivanova, K. Determination of the basic parameters of sensor devices for the implementation of psychoneurological research with the introduction of multitouch technology / K. Selivanova, O. Avrunin, N. Kazimirov // *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, 2020. No. 1 (11), P. 147–155. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2020.11.147>
8. Тымкович М.Ю. Оптический метод регистрации пространственного положения хирургического инструмента в компьютерной навигационной системе / М.Ю. Тымкович // *Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ"* : сб. науч. тр. Темат. вып. : Новые решения в современных технологиях. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2013. – № 18 (991). – С. 124-130.
9. Selivanova K.G. Virtual training system for tremor prevention / KG Selivanova, OG Avrunin, SM Zlepko, SV Tymchyk, B Pinaiev, T Zyska, M Kalimoldayev // *Information Technologies in Medical Diagnostics II – Editor by Wojcik, Pavlov, Kalmodaev*. ISBN 978-0-367-17769-0. – 2019. – P. 9-14. 3.
10. Karina G Selivanova. Biometric Hand tremor identification on graphics tablet / Karina G Selivanova, Oleg G Avrunin, Oleksandr V Kobylanskyi, Mykhaylo I Palamarchuk, Artem V Lyashenko, Zbigniew Omiotek, Aigul Syzdykpayeva // *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, Proceeding of SPIE*, p. 7, 2019. – 111762H.
11. Селиванова К.Г. Внедрение multi-touch технологии для реализации интерактивного тестирования в психоневрологии / К.Г. Селиванова, М.Ю. Тымкович, О.Г. Аврунин // *Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів : матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції*. – Кременчук : КРПУ, 2018. – 236 с. – С. 121– 122.
12. Селіванова К.Г. Проектування телемедичної системи об'єктивізованої оцінки тремору рук із зовнішнім кінестетичним впливом / К.Г. Селіванова, М.Ю. Тимкович // *Медико-психологічні та інформаційні аспекти реабілітації і абілітації людини. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О.А. Панченка*. Київ. КВІЦ, 2020. – 344 с. – С. 255-257.