

**Ministry of Education
and Science of Ukraine
Odesa Polytechnic National University
Institute of Medical Engineering**

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Одеська політехніка»
Інститут медичної інженерії**

MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**PROCEEDINGS OF THE 4th INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
MAY 07-09, 2025**

**МАТЕРІАЛИ IV МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
07-09 ТРАВНЯ 2025 РОКУ**

*Under the general editorship of
I. Prokopovich, N. Manicheva*

*За загальною редакцією
І. В. Прокоповича, Н. В. Манічевої*

**Odesa, Ukraine / Одеса, Україна
“Astroprint” / «Астропринт»
2025**

Under auspice of the
Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”
За сприяння
Громадської організації «Всеукраїнська асоціація біомедичних інженерів і технологів»

CONFERENCE
ORGANIZING COMMITTEE:

Oborskyi H. (Ukraine) – Organizing Committee Chairman
Prokopovych I. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Titova N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman
Manicheva N. (Ukraine) – Organizing Committee
Deputy Chairman

INTERNATIONAL
PROGRAM COMMITTEE:

<i>Avrunin O. (Ukraine)</i>	<i>Shlykov V. (Ukraine)</i>
<i>Azarkhov O. (Ukraine)</i>	<i>Storchun E. (Ukraine)</i>
<i>Diadiura K. (Ukraine)</i>	<i>Suchkov H. (Ukraine)</i>
<i>Filatova A. (Ukraine)</i>	<i>Sukhodub L. (Ukraine)</i>
<i>Galkin A. (Ukraine)</i>	<i>Sydorenko I. (Ukraine)</i>
<i>Khudetskyi I. (Ukraine)</i>	<i>Timchuk S. (Ukraine)</i>
<i>Kovalenko O. (Ukraine)</i>	<i>Vassilenko V. (Portugal)</i>
<i>Levashenko V. (Slovakia)</i>	<i>Vysotska O. (Ukraine)</i>
<i>Liashenko A. (Ukraine)</i>	<i>Wójcik W. (Poland)</i>
<i>Mamyrbayev O. (Kazakhstan)</i>	<i>Yavorska E. (Ukraine)</i>
<i>Maksymenko V. (Ukraine)</i>	<i>Yavorskyi B. (Ukraine)</i>
<i>Pavlov S. (Ukraine)</i>	<i>Zaitseva E. (Slovakia)</i>

Recommended for publication by Scientific Council Institute
of Medical Engineering of the
Odesa Polytechnic National University,
minutes No. 10, April 30, 2025

**The authors are responsible for the uniqueness of the text of the
materials and compliance with the requirements of academic integrity**

Free online access to printed materials at:

https://drive.google.com/file/d/1wqcp2ax_Qy9aRLK9v71kthoGZTc4vr_5/view?usp=drive_link

ОРГКОМІТЕТ
КОНФЕРЕНЦІЇ:

Оборський Г.О. (Україна) – голова оргкомітету
Прокопович І.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету
Тітова Н.В. (Україна) □ заступник
голови оргкомітету
Манічева Н.В. (Україна) – заступник
голови оргкомітету

МІЖНАРОДНИЙ
ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

<i>Аврунін О.Г. (Україна)</i>	<i>Максименко В.Б. (Україна)</i>
<i>Азархов О.Ю. (Україна)</i>	<i>Павлов С.В. (Україна)</i>
<i>Вассіленко В. (Португалія)</i>	<i>Сідоренко І.І. (Україна)</i>
<i>Висоцька О.В. (Україна)</i>	<i>Сторчун Є.В. (Україна)</i>
<i>Вуйцік В. (Польща)</i>	<i>Суходуб Л.Ф. (Україна)</i>
<i>Галкін О.Ю. (Україна)</i>	<i>Сучков Г.М. (Україна)</i>
<i>Дядюра К.О. (Україна)</i>	<i>Тимчик С.В. (Україна)</i>
<i>Зайцева О. (Словаччина)</i>	<i>Філатова Г.Є. (Україна)</i>
<i>Коваленко О.С. (Україна)</i>	<i>Худецький І.Ю. (Україна)</i>
<i>Левашенко В. (Словаччина)</i>	<i>Шликов В.В. (Україна)</i>
<i>Ляшенко А.В. (Україна)</i>	<i>Яворська С.Б. (Україна)</i>
<i>Мамірбаєв О. (Казахстан)</i>	<i>Яворський Б.І. (Україна)</i>

Рекомендовано до друку вченою радою Інституту медичної
інженерії Національного університету
«Одеська політехніка»,
протокол № 10 від 30 квітня 2025 року

**Автори несуть відповідальність за унікальність тексту
матеріалів та відповідність вимогам академічної доброчесності**

Комп'ютерна версія опублікованих матеріалів за адресою:

https://drive.google.com/file/d/1wqcp2ax_Qy9aRLK9v71kthoGZTc4vr_5/view?usp=drive_link

М 78 **Modern technologies of biomedical engineering : proceedings of the 4th international scientific and technical conference (May 07–09, 2025, Odesa, Ukraine) =** Сучасні технології біомедичної інженерії : матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції (07–09 травня 2025 р., м. Одеса, Україна) / Under the gen. ed. of I. Prokopovich, N. Manicheva ; Ministry of Education and Science of Ukraine ; Odesa Polytechnic National University ; Institute of Medical Engineering. — Odesa : Astroprint, 2025. — 306 с.

ISBN 978-617-8515-53-9

The collected volume of scientific reports presented at the international scientific and technical conference is a scientific and practical publication that contains scientific articles by students, graduate students, candidates and doctors of sciences, teachers, researchers, scientists and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries, and beyond. The topics of reports are very diverse and cover many topical problems of modern fundamental sciences related to biomedical engineering. Based on the relevance of the topics and the high level of the presented reports, the conference materials should be recommended to the relevant organizations of the countries for use and implementation of research results in the field of biomedical engineering and informatics.

UDC 615.47:616-89

Збірник наукових доповідей міжнародної науково-технічної конференції є науково-практичним виданням, яке містить наукові статті студентів, аспірантів, кандидатів та докторів наук, викладачів, науковців та практиків з різних країн та регіонів України. Тематика доповідей дуже різноманітна та охоплює багато актуальних проблем сучасних фундаментальних наук, пов'язаних з біомедичною інженерією. Виходячи з актуальності тематик і високий рівень представлених доповідей, матеріали конференції доцільно рекомендувати відповідним організаціям для використання та впровадження результатів досліджень в практичну та наукову діяльність.

УДК 615.47:616-89

ISBN 978-617-8515-53-9

© Odesa Polytechnic National University, Institute of Medical Engineering, 2025
© Social Organization “All Ukrainian Society of Biomedical Engineers and Technologists”, 2025

Pavlo SVIETLOV, Stanislav POPOV Data augmentation using variational autoencoder for biomedical tabular datasets.....	142
Артур СКИРДА, Андрій ЧМЕЛЕВСЬКИЙ, Володимир ВОЙТОВ, Юрій МОЛОДОЖОН, Валерій СИТНИКОВ Застосування нейромережних технологій для діагностики захворювань по рентгенівським знімкам	145
Роман ЧЕТВЕРІКОВ, Світлана АНТОЩУК Використання нейронних мереж для моделювання імплантів кісткових дефектів.....	147
Денис ЛУКАШУК, Віталій ПАВЛЕНКО Використання нелінійних інтегральних моделей око-рухової системи у нейрофізіологічних дослідженнях	150
Аркадій МОМОТ, Анастасія КАЛЮЖНА, Валерій НІКІТИН, Євгеній КОЗІК Обробка КТ-знімків з використанням алгоритмів комп'ютерного зору.....	156
Олексій ВАЙТИШИН, Олександр БЕСАРАБ Проблеми моделювання регенерації кісткової тканини.....	159
Андрій СОКОЛЬЦОВ, Георгій ПАХАРЕНКО, Олексій ШМАТКО Аспекти формування вхідних даних для CFD-моделювання повітряного потоку у верхніх дихальних шляхах.....	163
Volodymyr TIGARIEV, Andrii KOLIADA, Oleksii LOPAKOV, Volodymyr KOSMACHEVSKIY, Oleksandr ANDRIIANOV Study of stability of complex dynamic object using lyapunov criterion and neural network on 7 neurons	165
Ян ЧЖАО, Сергій ПАВЛОВ, Дмитро ШТОФЕЛЬ, Шолпан ЖУМАГУЛОВА, Сергій КОСТИШИН, Ігор КОСТЕНКО, Володимир ЧУМАЧЕНКО Підходи застосування безконтактної фотоплетизмографії для оцінювання рівня сатурації крові	171
Тетяна ЖЕМЧУЖКИНА, Сергій КАЛІСТОВ Застосунок для аналізу симетрії електроенцефалограми у пацієнтів із психічними розладами	175
Костянтин ЗАБРОДІН, Олександр ГЕЛЕТКА Методи автоматичного розставлення міток потенціалів рухових одиниць, записаних за допомогою концентричного голкового електрода	179

Section	IV	REHABILITATION ENGINEERING AND PROSTHETICS
Секція		РЕАБІЛІТАЦІЙНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОТЕЗУВАННЯ

Софія ШКУРАТОВА, Олена БЕСПАЛОВА Протезування нижніх кінцівок з врахуванням особливостей матеріалу для приймальної гільзи	181
Юлія СЛУПСЬКА, Ніна ЗАМОРЕНА Мікроскопічні дослідження цирконієвого зубного імплантату після тривалої експлуатації	185
Іліан КОЛНАУЗОВ, Оксана БІЛОШИЦЬКА Конструкції приймальних гільз для протезів.....	188
Сергій ОНИЩЕНКО, Дмитро КОЛОСОВ, Сергій ПАНЧЕНКО, Тарас ЧЕЧЕЛЬ Розробка та обґрунтування твердотільної моделі стопи бігового протеза	191
В'ячеслав ЮРЧЕНКО, Євгенія ДМИТРЕНКО, Наталя МАНІЧЕВА, Надія ЗАДОРОЖНЯ, Ігор ШАПОВАЛОВ Аналіз та порівняння сучасних технологій екзопротезування суглобів.....	196
Oryna ANEIKENKO, Ganna OVCHARENKO Comparative analysis of 3D scanning methods for the manufacture of upper limb orthoses	200
Ксенія ГАРБОВСЬКА, Марина СИЧИК Контроль трансрадіальних протезів рук методом міокінетичного керування на основі залишкової м'язової активності.....	204
Сергій ПАНЧЕНКО Біомеханічне дослідження впливу положення чашки ендопротезу кульшового суглоба на напружений стан в системі «кістка – імплантат»	207
Анастасія КУЗНЄЦОВА, Андрій ДУБКО Виготовлення індивідуальних гомілковостопних ортезів з використанням адитивних технологій	212

Ян ЧЖАО¹, бакалавр

Сергій ПАВЛОВ¹, д-р техн. наук, професор

Дмитро ШТОФЕЛЬ¹, канд. техн. наук, доцент

Шолпан ЖУМАГУЛОВА², аспірантка

Сергій КОСТИШИН¹, канд. техн. наук, доцент

Ігор КОСТЕНКО³, аспірант

Володимир ЧУМАЧЕНКО³, аспірант

¹Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: wangzhao36110@163.com; psv@vntu.edu.ua; shtofel@vntu.edu.ua; kostishin@vntu.edu.ua

²Казахський національний університет ім. Аль-Фарабі, м. Алмати, Казахстан, e-mail: sh.zhumagulovakz@gmail.com

³Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна

ПІДХОДИ ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗКОНТАКТНОЇ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФІЇ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ САТУРАЦІЇ КРОВІ

Анотація. В роботі розглянуто різні дослідження в області дистанційної фотоплетизмографії, що розвивається. Наведено систематичний огляд статей, що описують дослідження, показано, що з часом інтерес до області дистанційної фотоплетизмографії зростає і кількість досліджень збільшується. Описані останні досягнення в данному напрямку, засновані на кольорі шкіри та руху голови. Дослідження класифікувалися в першу чергу за застосовуваними алгоритмами та вкладом у дослідження дистанційної фотоплетизмографії.

Ключові слова: фотоплетизмографія, сатурація, нейронні мережі, згорткові моделі, окси, дезоксигемоглобін

Вступ

Електрокардіографія (ЕКГ) та фотоплетизмографія (ФПГ) є двома найбільш поширеними способами вимірювання серцевої діяльності та варіабельності пульсу. Однак у ЕКГ та ФПГ сенсори повинні бути прикріплені до частин тіла, що може спричинити дискомфорт або незручність при тривалому моніторингу. Сьогодні запропонований метод вимірювання параметрів пульсу, що не вимагає контакту зі шкірою – метод безконтактної (дистанційної) ФПГ.

В даний час у дистанційній ФПГ існує два основні підходи: отримання пульсу з періодичних змін кольору шкіри та періодичного руху голови. Обидва підходи ґрунтуються на роботі варіабельності пульсу та дозволяють отримати біомедичну інформацію з ФПГ сигналу. Вперше метод дистанційної ФПГ було запропоновано у 2008 році [1]. Спочатку подібні алгоритми можна було відтворити тільки в лабораторних умовах, але з часом з'явилися більш складні алгоритми, які дозволяють обробляти інформацію в реальних умовах.

Проблема

Оцінка насичення периферичним киснем (SpO_2) на основі відео-фотозображень з використанням виключно RGB-камер пропонує безконтактний підхід до вимірювання рівня кисню в крові. Дослідження дозволили стабілізувати отримані дані, як основу для безконтактної оцінки кисню в крові. Крім того, сьогодні використовується отримані дані для системного навчання. Однак існує проблема, яка полягає в тому, що складно навчити та оптимальні параметри моделі з невеликим набором даних. На точність визначення кисню в крові легко впливає навколишнє освітлення та рух об'єкта. Щоб вирішити ці проблеми, пропонується навчальна просторово-часова мережа для оцінки SpO_2 на основі відео, фотозображень. Просторово-часова схожість сигналів дистанційної фотоплетизмографії (ДФПГ) була виявлена на відеофрагментах, що містять ділянки обличчя або кисті. Інтеграція глибоких нейронних мереж з експертизою машинного навчання дозволила оцінити SpO_2 .

Метод

Дослідження, які проводилися раніше використовували закон Бера-Ламберта [1] для вимірювання вмісту кисню в крові безконтактно. Використовувався коефіцієнт поглинання двох різних довжин хвиль світла для оцінки SpO_2 , як показано на рис. 1. У дослідженнях ДФПГ для оцінки SpO_2 більшість дослідників використовують «червоний і синій спектри». Це пов'язано з тим, що насичений киснем гемоглобін (HbO_2) може поглинати більше синього світла, ніж дезоксигенований гемоглобін (Hb), а дезоксигенований гемоглобін може поглинати більше червоного світла, ніж насичений киснем.

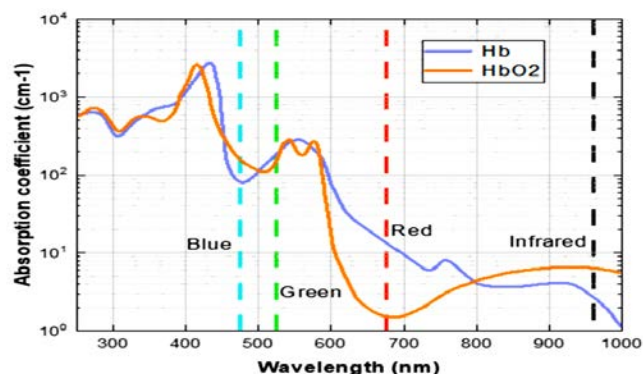


Рис. 1. Ступінь поглинання Hb і HbO₂ світлу різної довжини хвилі. Сині, зелені та червоні пунктирні лінії позначають довжину хвилі світла, що відповідає їхньому кольору [1]

Аналіз літературних джерел

Порівняно з оцінкою SpO₂ на основі контактного методу, компанія Sun [2] запропонувала безконтактний метод оцінки кисню в крові за допомогою смартфонів і ввела алгоритм множинної лінійної регресії. При цьому використовувався метод співвідношення характеристик сигналу червоного та синього спектрів для оцінки кисню в крові [3]. Бал використовував двохдеревне композитне вейвлет-перетворення (DT-CWT) для вилучення фізіологічних сигналів зі складних сигналів, для надійної оцінки насичення SpO₂ в [4]. Guazzi et al. [5] використовували RGB-камеру та алгоритм автоматичного вибору ROI для вибору області обличчя для оцінки насичення крові киснем. Kim et al. [6] використовували RGB-камеру для зйомки відео обличчя в умовах навколишнього освітлення та перетворювали їх у кольорний простір для прогнозування SpO₂. Однак дослідники зіткнулися з певними обмеженнями у своїх дослідженнях. Більшість з них не врахували зміни сигналу, викликані артефактами руху і варіаціями відбиття світла, які відбуваються в реальних сценаріях. Як наслідок, їхні висновки можуть мати обмежену застосовність у практичному застосуванні.

Особливості застосування CNN-BiLSTM для оцінки SpO₂

CNN BiLSTM – це гібридна двонаправлена архітектура LSTM і CNN. У оригінальному формулюванні, застосованому до розпізнавання іменованих об'єктів, він вивчає функції показників зображень. Компонент CNN використовується для створення функцій рівня об'єкту. Для кожної ознаки модель використовує згортку та максимальний рівень об'єднання, щоб аналізувати новий вектор ознак із вже отриманих.

Реалізація даної моделі показано на рисунку 2. Архітектура CNN-BiLSTM може ефективно виявляти складні шаблони сигналів. Це дослідження перспективно в напрямку застосування CNN-BiLSTM у вимірюванні SpO₂.

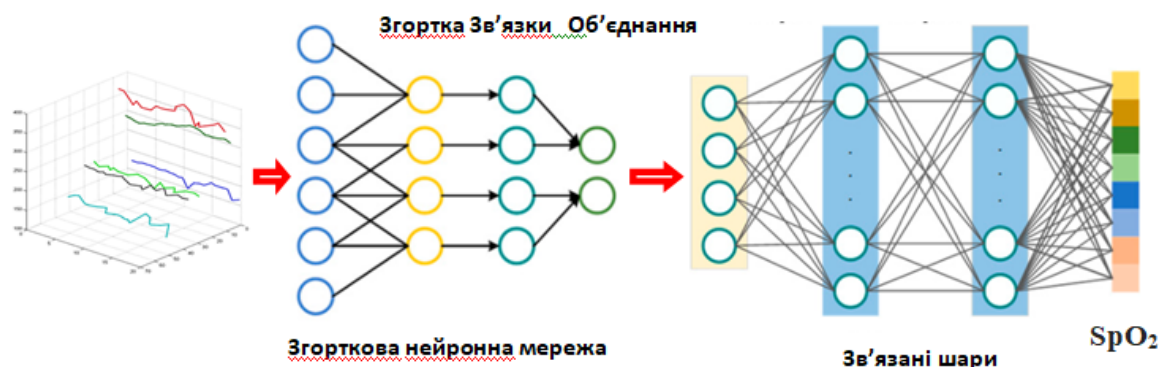


Рис. 2. Архітектура LSTM і CNN для оцінювання сатурації крові

Визначення кінцевого значення SpO₂ описується рівнянням

$$\text{SpO}_2 = F(\text{Matrix2}) = k_1 \text{Matrix1} + k_2 \text{Matrix2},$$

де Matrix1, Matrix2 – матриці ознак, які представляють функції показників сатурації крові;

k_1 та k_2 являють собою ваги показників на основі мануальних налаштувань і навчання за допомогою нейронною мережею.

Ефективність CNN-BiLSTM у вилученні просторово-часових особливостей з відеоданих пояснюється одночасною обробкою як просторових, так і часових розмірів. Це дозволяє більш детально аналізувати динамічні міжкадрові зміни, тим самим сприяючи кращому контекстному розумінню відеоконтенту порівняно з 2DCNN.

Ці дослідження дозволили аналізувати спектральну щільність потужності (PSD) сигналів дФПГ в області обличчя та руки в реальному часі. На основі існуючих досліджень логічно стверджувати, що віддалена оцінка SpO_2 і відео з обох регіонів мають сильну кореляцію. З фізіологічної точки зору, може існувати сильна кореляція між фізіологічними сигналами в цих двох областях. Розроблено новий режим тренування для вивчення корисної інформації. Ця контрастна стратегія навчання послабила вплив нефізичних рис обличчя шляхом проектування позитивних і негативних зразків (табл. 1)

Таблиця 1

Результат суміжних робіт над набором даних MVPD.

Метод	Безконтактний	Рентабельність інвестицій	Стабільне середовище			Світлові коливання			Обертання обличчя		
			MAE (%)	PMCE (%)	$\rho\rho$	MAE (%)	PMCE (%)	$\rho\rho$	MAE (%)	PMCE (%)	$\rho\rho$
Kong et al. [4]	+	Обличчя	1.39	1.75	0.71	2.13	2.27	0.45	1.83	1.71	0.69
Kim та ін [6]	+	Обличчя	0.54	0.69	0.92	1.99	1.93	0.71	1.58	1.98	0.79
Sun та ін [2]	+	Рука	1.13	1.23	0.91	1.55	2.03	0.78	–	–	–
Mathew et al. [7]	+	Рука	1.97	2.32	0.40	–	–	–	–	–	–
CL-SPO2Net. [8]	+	Обличчя	0.85	1.12	0.76	1.13	1.37	0.79	1.20	1.25	0.80
LSTM і CNN	+	Обличчя	0.82	1.1	0.75	1.1	1.37	0.75	1.15	1.15	0.80

Архітектура алгоритму в цій роботі була навчена з використанням PyTorch, на графічному процесорі. Під час фази контрастного навчання швидкість навчання була встановлена на 0,001, а архітектура 3DCNN пройшла 200 тренувальних епох. На етапі контрольованого тонкого налаштування сигналу дФПГ швидкість навчання була скоригована до 0,0005, при цьому архітектура 3DCNN була навчена на 200 епох. Значення насичення крові контролювалися і реєструвалися з частотою 1 Гц.



Рис. 1. Приклади зображень, формат MVPD

Висновки

В роботі розглянуто різні дослідження в області дистанційної фотоплетизмографії, що розвивається. Наведено систематичний огляд статей, що описують дослідження, показано, що з часом інтерес до області дистанційної ФПГ зростає і кількість досліджень збільшується. Описані останні досягнення в даному напрямку, засновані на кольорі шкіри та руху голови. Дослі-

дження класифікувалися в першу чергу за застосовуваними алгоритмами та вкладом у дослідження дистанційної фотоплетизмографії.

Представлено реалізацію CNN-BiLSTM напівконтрольованої нейронної мережі, мережа складається із злиття двох методів. Виявлено, що глибоке контрастивне навчання робить більш ефективно. Виявлено, що відео з обличчям мають більшу точність і чутливість при оцінювання сатурації, ніж по показникам рук. Незважаючи на зовнішні збурення, сигнали дФПГ залишаються стабільними, що дозволяє оцінити SpO_2 адаптуватися до складних середовищ. Порівнюючи вимірювання SpO_2 з еталонними даними SpO_2 , MAE становить 0,82%, 1,1% при зміні освітлення та 1,15% у ситуації обертання обличчя. Ці результати свідчать про те, що рівні SpO_2 , виміряні за допомогою запропонованого методу на основі відео, корелюються з показниками за допомогою традиційних методів.

Література

1. Swinehart, D.F. The beer-lambert law. J. Chem. Educ. 1962, 39, 333.
2. Van Gastel, M.; Verkruysse, W.; de Haan, G. Data-driven calibration estimation for robust remote pulse-oximetry. Appl. Sci. 2019, 9, 3857.
3. Tarassenko, L.; Villarroel, M.; Guazzi, A.; Jorge, J.; Clifton, D.; Pugh, C. Non-contact video-based vital sign monitoring using ambient light and auto-regressive models. Physiol. Meas. 2014, 35, 807.
4. Bal, U. Non-contact estimation of heart rate and oxygen saturation using ambient light. Biomed. Opt. Express 2015, 6, 86–97.
5. Guazzi, A.R.; Villarroel, M.; Jorge, J.; Daly, J.; Frise, M.C.; Robbins, P.A.; Tarassenko, L. Non-contact measurement of oxygen saturation with an RGB camera. Biomed. Opt. Express 2015, 6, 3320–3338.
6. Kim, N.H.; Yu, S.G.; Kim, S.E.; Lee, E.C. Non-Contact oxygen saturation measurement using YCgCr color space with an RGB camera. Sensors 2021, 21, 6120.
7. Mathew, J.; Tian, X.; Wong, C.-W.; Ho, S.; Milton, D.K.; Wu, M. Remote blood oxygen estimation from videos using neural networks. IEEE J. Biomed. Health Inform. 2023, 27, 3710–3720.
8. Wójcik W., Smolarz A. Information Technology in Medical Diagnostics. London, Taylor & Francis Group CRC Press Reference. 2017. P. 210.
9. Pavlov S.V., Kozhemiako V.P., Petruk V.G., Kolesnik P.F., Photoplethysmographic technologies of the cardiovascular control, Vinnitsa: Universum-Vinnitsa, 2007, P. 254.
10. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book, 2019, P. 336.
11. Pavlov S. V., Kozhukhar A. T. Electro-optical system for the automated selection of dental implants according to their colour matching. *Przegląd elektrotechniczny*. 2017. R. 93. NR 3. P. 121-124. ISSN 0033-2097.

Наукове видання

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

МАТЕРІАЛИ ІV МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

07–09 травня 2025 року
м. Одеса, Україна

Українською та англійською мовами

Комп'ютерна верстка: І.В. Прокопович

Дизайн обкладинки: І.В. Прокопович

У обкладинці використані:

фрагмент фрески Мікеланджело Буонарроті «Створення Адама» у Сікстинській капелі, Ватикан;
зображення «кібер-рука» з сайту – depositphotos.com/stock-photos

Адреса організаційного комітету:

Національний університет «Одеська політехніка»,
Навчально-науковий інститут медичної інженерії,
кафедра біомедичної інженерії,
пр. Шевченка, 1, Одеса, Україна, 65044

e-mail:

dec.imi@op.edu.ua; kaf.bmi@op.edu.ua

Надруковано в авторській редакції
з готового оригінал-макета

Формат 60 × 84 / 16. Ум. друк. арк. 17,32. Тираж 100 прим. Зам. 223 (37).

Видавництво і друкарня «Астропринт»

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 1373 від 28.05.2003

65091, м. Одеса, вул. Разумовська, 21

Тел.: (0482) 37-14-25, 33-07-17, (048) 7-855-855

www.astroprint.ua; www.stranichka.in.ua; email: astro_print@ukr.net

Надруковано з готового оригінал-макета ФОП Побута М. І.
65044, м. Одеса, пр-т Шевченка, 1-а
Телефон: 0689009282