

## ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ВІКУ НА СМАРТФОНІ ЗА ДОПОМОГОЮ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ

ФАЙНЗІЛЬБЕРГ Л.С., ЛЮБЧЕНКО М.О. (liubchenko.myroslava@iit.kpi.ua)  
НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У роботі описана проблема старіння нації та роль біологічного віку у її вирішенні. Розглянута технологія реєстрації пульсової хвилі за допомогою камери смартфона. Запропонована модель для апроксимації пульсової хвилі та метод використання фотоплетизмограми для визначення фізіологічного стану людини (біологічного віку).

Згідно зі звітом «Світові демографічні перспективи: переглянуте видання 2019 року» [1], до 2050 року кожна шоста людина у світі (16% населення) буде старшою за 65 років порівняно з кожним одинадцятим у 2019 році (9% населення). До 2050 року кожен четвертий житель Європи та Північної Америки буде входити до категорії людей 65 років і старше.

Відомо, що темпи старіння у кожної людини різні, а біологічний вік, визначений клінічними та молекулярними біомаркерами, дійсно прогнозує загальну смертність, іноді навіть краще, ніж хронологічний вік [2]. Дослідження біологічного віку може допомогти виявити людей з високим ризиком захворювання та смерті до клінічних проявів захворювання, а також визначити рівень особистого здоров'я та прогнозувати ризик захворювань, пов'язаних зі старінням.

Метою даного дослідження є вдосконалення алгоритму визначення біологічного віку за допомогою системи, заснованої на аналізі форми пульсової хвилі, яка буде доступна кожному, хто має смартфон.

Відомо, що старіння організму призводить до втрати еластичності кровоносних судин (збільшення жорсткості артерій) і в результаті збільшення швидкості поширення пульсової хвилі. Це один із головних факторів ризику гіпертензії та виникнення ішемічної хвороби серця. Аналіз публікацій дає можливість припустити, що форма пульсової хвилі несе інформацію не тільки про жорсткість судин, а й про інші важливі характеристики організму, в тому числі й біологічний вік.

З стрімким розвитком технології смартфонів з'являються нові медичні засоби. Одним з перспективних напрямків є створення сучасних мобільних додатків для реєстрації фотоплетизмограми (пульсової хвилі) за допомогою вбудованої камери смартфона без додаткових технічних засобів (АІ-РИТМОГРАФ) [3]. Щоб отримати сигнал, що несе інформацію про пульсову хвилю, користувач закриває камеру смартфона фалангою пальця, яка освітлюється вбудованим ліхтариком. Через кровоток у капілярах фаланги пальця змінюється яскравість зображення. У результаті обробки послідовності зображень реєструється пульсова хвиля (рис.1).

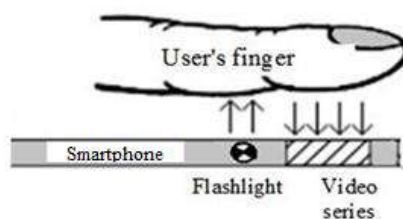


Рис. 1 - Принцип реєстрації пульсової хвилі за допомогою камери смартфона.

Апроксимуватимемо результуючий сигнал, породжений прямою і відображеною пульсовими хвилями, сумою несиметричних гаусових функцій:

$$\hat{P}(t) = A_1 \exp\left(-\frac{(t-\mu_1)^2}{2[b_1(t)]^2}\right) + A_2 \exp\left(-\frac{(t-\mu_2)^2}{2[b_2(t)]^2}\right), t = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

в яких

$$\mu_2 = \mu_1 + \tau, \quad (2)$$

а

$$b_i(t) = \begin{cases} b_i^{(1)}, & \text{якщо } t \leq \mu_i, \\ b_i^{(2)}, & \text{якщо } t > \mu_i, \end{cases} \quad i = 1, 2. \quad (3)$$

Експерименти показали, що значення  $A_i$ ,  $\mu_i$ ,  $\tau$ ,  $b_i^{(1)}$ ,  $b_i^{(2)}$ ,  $i = 1, 2$  можна знайти за допомогою нескладної пошукової процедури. В результаті реальну пульсову хвилю однозначно кодує сукупність знайдених параметрів (рис. 2).

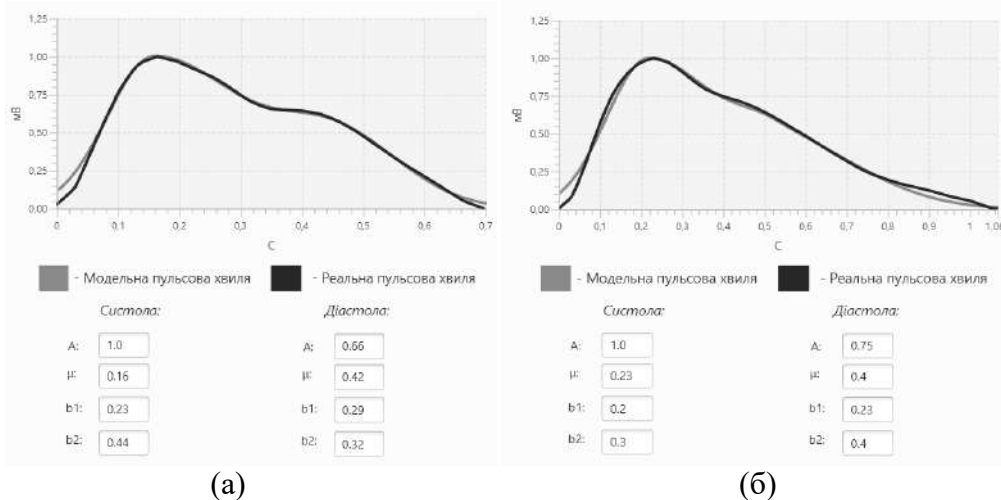


Рис. 2 - Результат апроксимації пульсових хвиль двох волонтерів:  
а – пульсова хвиля дівчини 20 років; б – пульсова хвиля чоловіка 70 років.

На думку багатьох авторів [4, 5] пульсова хвиля, що реєструється на верхній кінцівці у молодих людей, характеризується швидким підйомом, досить гострою вершиною та наявністю додаткових хвиль на низхідній частині кривої. Крива пальцевої фотоплетизмограми у людей похилого віку відрізняється повільним підйомом із закругленою вершиною, часто аркоподібної форми. Поряд із цим спостерігається згладженість або відсутність дикротичної хвилі на низхідній частині фотоплетизмограми. Розташування дикротичної хвилі відповідає верхній або середній частині кривої, тоді як у молодих людей – зазвичай нижній третині.

Розглянуті фактори дозволяють в просторі параметрів  $A_i$ ,  $\mu_i$ ,  $\tau$ ,  $b_i^{(1)}$ ,  $b_i^{(2)}$ ,  $i = 1, 2$  апроксимуючої функції визначати біологічний вік користувача, оцінювати ступень старіння або рівня життєздатності організму та його елементів осіб старшої та молодшої вікових груп, а також розпізнавати можливі патології на основі аналізу відмінностей фотоплетизмограми людини, що обстежується від її вікової норми.

**Висновок.** Розглянутий метод визначення біологічного віку дозволяє досить точно визначити ступінь морфологічного та фізіологічного розвитку організму без додаткових технічних засобів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] United Nations, “World Population Prospects – Population Division – United Nations,” un.org, 2019. <https://population.un.org/wpp/>.
- [2] M. E. Levine et al., “An epigenetic biomarker of aging for lifespan and healthspan,” Aging (Albany NY), vol. 10, no. 4, pp. 573–591, Apr. 2018, doi: 10.18632/aging.101414.
- [3] Файнзильберг Л.С., “Интеллектуальные средства цифровой медицины для домашнего применения,” Клиническая информатика и телемедицина, Т. 15, Вып. 16, с. 45–56. 2020, doi: 10.31071/kit2020.
- [4] Ус А. Д., “Бальнеотерапия и возраст,” Наук думка Киев, с. 136, 1985.
- [5] Зубчук В.И., Делавар К-М., Запорожко И.А. и др., “Экспресс-диагностика по данным пульсоксиметрии,” Электроника и связь, с. 145–150, 2008.