

УДК 004.896

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2019-15-17>

I.Yakovenko, V.Martynenko, M.Turchyna

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

### BIOMETRICAL IDENTIFICATION ON THE BASIS OF PHOTOPLETHYSMOGRAM FOR AUTOMATED MEDICAL SYSTEMS

Nowadays, modern digital integration requires all personal databases to have reliable protection. It concerns automated diagnosis and lab research of biological materials systems the most. Each step of the way creates a high risk of losing or replacement of information, which leads to incorrect diagnosis, or even falsification for further illegal use. Biometrical identification is able to solve many protection issues, since the important information is always tied to a person, and is not usable by different people with malicious intent, be it stealing or replacement. Biometry is a way to identify and authenticate a person by measuring their physiological parameters, which makes biometrical control one of the better ways for identification. This research is a look into different ways to identify a person by means of biological signals using plethysmography. This research was conducted using a biometrical measurement system KL-720 using a photo sensor, which easily registers on different parts of a human body a finger, an ear, a hand or an arm. It's ease of use, low price and small size makes it the prime choice.

**Key words:** biometrical identification, photoplethysmography, PPG, biometrical signal, discriminant analysis, pulse wave, automated system.

In a modern world, biometrical data is divided in two generations. First generation is used when describing fingerprints, signatures and voices. This generation can easily be copied, which creates a possibility for crimes to be committed. Second generation uses anatomical activity of any human organ using biological signals. Such activity is accompanied by certain cyclic changes, for example, blood vessels change during blood flow. Those changes are explained by physiological features of the organism. Researching anatomical activity creates a way to gather a unique biometrical signal and solve the problem of a reliable way of identifying a person.

Photoplethysmogram is an optical method of registering the volumetric blood pulse, which is caused by periodical changes in blood volume because of the heartbeat, by the means of infrared or visible light exposition to live tissue [3]. Just like every other biometrical signal created by a human organism, photoplethysmogram holds unique information about a certain person (blood vessel tension, peripheral hemodynamics condition, saturation, heart cycle frequency). Quantitative and qualitative analysis of photoplethysmogram is conducted using a plethora of normative parameters of the pulse wave, which are used for identification. Points B1, B2, B3, B4 and B5 of a filtered signal, that are depicted on figure 1, are called main coding points of a volumetric pulse. They are used to identify the parameters of the pulse wave [4].

To measure a photoplethysmogram (PPG), a biomedical measurement system with a sensitive photo sensor, KL-720, was used (figure 2). The detector is a combination of an infrared diode and a receiving phototransistor, which works in a common collector mode.

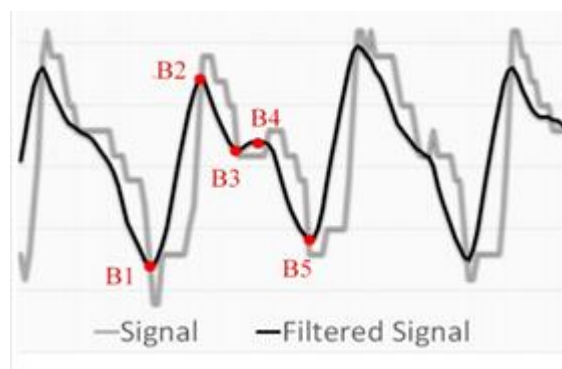


Figure 1. Initial and filtered signals: B1 –the beginning of the systolic period, B2 – the maximal expansion of the vessel, B3 – the protodiastolic process, B4 – the diastole, B5 – the end of the cardiac cycle.

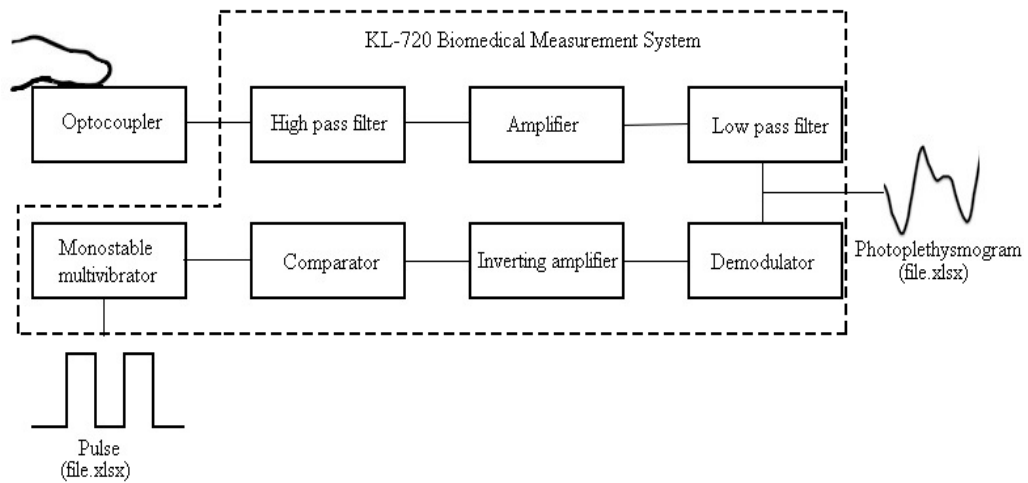


Figure 2. Overall structural scheme of the KL-720 measurement channel

When a research object touches the detector, the intensity of the reflected infrared light changes based on the level of saturation of the blood vessel part in question. The extracted signal holds a very unclear information, which makes the further biomedical diagnosis impossible. That's a good enough reason to use a high-frequency Butterworth filter. This filter removes the noise created by the trembling of the patient's finger and the shift in power of the direct current in the machine. The next step of processing the data lies in amplifying the signal based on OP3A with a coefficient of 50, 100, with the point being the amplification of the signal for further filtration with a 4-diapason low-frequency filter. Low frequency filter is made by consequential connection of two diapason Butterworth filters, which lowers the noise produced by the power source of KL-720 and the residual lighting of the fluorescent lamps that may be the source of light in the laboratory. On this stage the data resembles the PPG signal, and is written to a .xlsx file on a personal computer via the COM-port. Further modules are used for changing the signal to pinpoint the heart pulse signal in the form of rectangular impulses of a monostable multivibrator [5,6].

The research of identification a person by means of a biological PPG signal was conducted using the interval parameters of the amplitude (table 1) and time (table 2).

Table 1

Pulse wave amplitude parameters

	Pulse wave amplitude (PWA)	Dycrotic wave amplitude (DWA)	Notch height (NH)	Dycrotic wave index (DWI)
Formula	$PWA = B2 - B1$	$DWA = B4 - B5$	$NH = B3 - B5$	$DWI = (B3 - B5) / (B2 - B1) \cdot 100\%$
Normative values	—	$PWA/2$	$(2 \cdot DWA)/3$	63-73%

Table 2

Pulse wave time parameters

	Anacrotic phase duration (APD)	Dycrotic phase duration (DPD)	Pulse wave duration (PWD)	Outgoing wave index (OWI)
Formula	$APD = B3 - B1$	$DPD = B5 - B4$	$PWD = B5 - B1$	$OWI = (B2 - B1) / (B5 - B1) \cdot 100\%$
Normative values	—	—	—	15-24%

To conduct the research, 56 measurements of thPPG were taken, all of which were centered and processed using median filtration (figure 3). The database for further discriminant analysis holds data from studies, in which 39 observations were assigned to an "identified" person, the others – to the unauthorized ones.

Discriminant analysis allows for pinpointing the differences between the two groups and creating a group classifier. Discriminant analysis is characterized by two unbound variables input methods [6-8]:

- forced inclusion, which holds all of the unbound variables that are satisfactory of certain criteria (tolerance);
- step selection, which operates by step-by-step input and removal of data.

The research of the average value and standard deviation (table 3)

of the parameters PWA, DWA and NH it's established that average values for an identified person are completely different from the average values of people that are unknown for the algorithm.

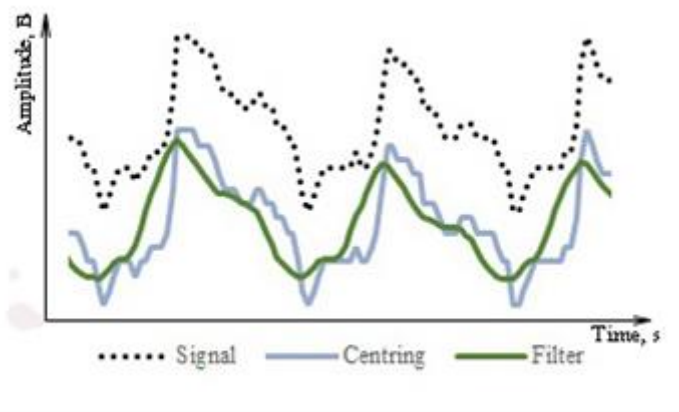


Figure 3. Processed signal

Table 3

Comparative table of the average values

Identifications status	Parameter	Average value	Standard deviation
No	PWA	2,5247	1,17360
	DWA	1,2424	0,70385
	NH	1,5194	0,84254
Yes	PWA	0,6459	0,05716
	DWA	0,3210	0,04352
	NH	0,3823	0,04853
Total	PWA	1,2163	1,07832
	DWA	0,6007	0,57284
	NH	0,7275	0,69747

The result of a discriminant analysis by means of forced inclusion of all collected data for interval characteristics is present in table 4, which suggests the results of the classification. The conducted analysis demonstrates that of 17 measurements that belong to unidentified people, algorithm slipped 3 times, and assigned them to the identified cluster. Overall success rate – 94,6%.

Table 4

Results of forced inclusion classification

		Identification status	Foreseen group alignment		Total
			No	Yes	
Factual group alignment	Amount	No	14	3	17
		Yes	0	39	39
	Percentage, %	No	82,4	17,6	100,0
		Yes	0,0	100,0	100,0

The second method of conducting discriminant analysis that includes every observation step-by-step, slipped only 1 time. The overall percentage of success – 98,2% (table 5).

Table 5

Results of step selection

		Identification status	Foreseen group alignment		Total
			No	Yes	
Factual group alignment	Amount	No	16	1	17
		Yes	0	39	39
	Percentage, %	No	94,1	5,9	100,0
		Yes	0,0	100,0	100,0

**Results.** The need for a reliable, unique biometrical signal, that is identifiable by the least possible technical equipment and is easy to integrate into automated diagnosis and analysis systems is rising steadily. Technically, PPG completely meets these requirements and by the results of discriminant analysis using both methods, is on a high level. Forced inclusion method sits on a 94,6% success rate, while the step selection raised that rate up to 98,2%. Photoplethysmogram is a unique biometrical signal that needs further development of a precise algorithm of processing the signal, and a method of classification of the obtained indicators for improving the identification process.

#### Sources of information

1. Azam, Siti Nurfarah Ain Mohd et al. "Photoplethysmogram Based Biometric Identification Incorporating Different Age and Gender Group." (2018).
2. Onn, T.H., masyarakat, K., terhadap, K., kerusi, P., meningkat, R.T., bukan, D.K., kepada, S., kurang, M.O., tetapi, U., tua, J.U., bagaimanapun, W., kepada, A.T., & mempunyai, P.Y. (2015). ANALYSIS OF ELECTROMYOGRAPH (EMG) FOR CONTROLLING WHEELCHAIR MOTION WAN SAIDATULAKMA BINTI MEOR ZAINOL A project report submitted in partial fulfillment of the requirement for the award of the Master of Electrical Engineering.
3. Федотов А.А., Акулов С.А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. – М.; Радио и связь, 2013 – с.27-56
4. Karimian, N., Guo, Z., Tehranipoor, M., & Forte, D. (2017). Human recognition from photoplethysmography (PPG) based on non-fiducial features. 2017 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP).doi:10.1109/icassp.2017.7953035
5. Дискриминантний аналіз [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSLVMB\\_25.0.0/spss/base/idh\\_disc.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/ru/SSLVMB_25.0.0/spss/base/idh_disc.html).
6. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. - Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999, с.270
7. Кларк Д.В., мл., Ньюман М. Р., Олсон В.Х. и др. Ред. Д.Г. Вебстер. Медицинские приборы. Разработка и применение. – К.: Медторг, 2004. - 620 с
8. Яненко О. П., Перегудов С. Н., Куценко В. П. Медична техніка для терапії та діагностики: навчальний посібник / НТУУ «КПІ». Київ : НТУУ «КПІ», 2013.

**Яковенко І.О., Мартиненко В.І., Турчина М.О**

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

#### БИОМЕТРИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ ДЛЯ АВТОМТИЗОВАНИХ МЕДИЧНИХ СИСТЕМ

*На сьогоднішній день з розвитком цифрової інтеграції всі особисті бази даних потребують надійного захисту. Особливо це стосується автоматизованих систем діагностики та проведення лабораторних досліджень біологічного матеріалу. Так, як на кожному етапі існує висока можливість втрати чи підміни інформації, що приведе до некоректного встановлення діагнозу, чи навіть фальсифікації для подальшого незаконного використання. Біометрична ідентифікація здатна вирішити багато питань безпеки, так як необхідна інформація завжди знаходиться з особистістю, і не може бути використана сторонньою особою (вкрадена чи підмінена). Біометрія - це автентифікація та ідентифікація людини шляхом вимірювання або оцінки її фізіологічних параметрів. Тому, біометричний контроль вважається більш надійним та має кращий потенціал у заміні традиційних методів ідентифікації людини. Таким чином, у цьому дослідженні буде розглянуто можливість ідентифікації особистості за рахунок біосигналу людині з використанням методу фотоплетизмографії. Дослідження проводилось на біомедичній системі вимірювання KL-720 з використанням відповідного фотосенсору, що легко фіксується у різних частинах людського тіла (палець, вушна доля, зап'ястя, рука), простий у використанні, та має низьку вартість та невеликі розміри.*

**Ключові слова:** біометрична ідентифікація, фотоплетизмографія, ФПГ, біометричний сигнал, дискримінантний аналіз, пульсова хвиля, автоматизована система.

**Яковенко И.А., Мартиненко В.И. Турчина М.О**

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского

## **БИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМЫ ДЛЯ АВТОМТИЗОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ**

*На сегодняшний день с развитием цифровой интеграции все личные базы данных нуждаются в надежной защите. Особенно это касается автоматизированных систем диагностики и проведения лабораторных исследований биологического материала. Так как на каждом этапе существует высокая вероятность потери или подмены информации, что приведет к некорректной постановке диагноза или даже фальсификации для дальнейшего незаконного использования. Биометрическая идентификация способна решить многие вопросы безопасности, так как необходимая информация всегда находится с личностью, и не может быть использована посторонним лицом (украдена или подменена). Биометрия — это аутентификация и идентификация человека путем измерения или оценки ее физиологических параметров. Поэтому, биометрический контроль считается более надежным и имеет лучший потенциал в замене традиционных методов идентификации человека. Таким образом, в этом исследовании будет рассмотрена возможность идентификации личности за счет биосигналов человеку с использованием метода фотоплетизмографии. Исследование проводилось на биомедицинской системе измерения KL-720 с использованием соответствующего фотосенсора, который легко фиксируется в разных частях человеческого тела (палец, ухо, запястье, рука), простой в использовании и имеет низкую стоимость и небольшие размеры.*

**Ключевые слова:** биометрическая идентификация, фотоплетизмография, ФПГ, биометрический сигнал, дискриминантный анализ, пульсовая волна, автоматизированная система.