

Adrian KAPCZYŃSKI
Politechnika Śląska
Instytut Ekonomii i Informatyki

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF FINGERPRINT BIOMETRIC TEMPLATES

Summary. This article demonstrates research results in the field of biometric authentication. The main part of the article is about qualitative and quantitative characteristics of fingerprint biometrics. The research were carried out on the population of 100 users and the characteristics were presented for enrollment and verification templates in terms of number of minutiae points and the quality of fingerprint image.

Keywords: biometrics, fingerprint templates, Galton's points, minutiae points, quality of fingerprint image.

ILOŚCIOWE I JAKOŚCIOWE CHARAKTERYSTYKI WZORCÓW BIOMETRII LINII PAPILARNYCH

Streszczenie. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących biometrii linii papilarnych. Zasadnicza część artykułu jest o cechach jakościowych i ilościowych wzorców biometrii linii papilarnych. Badania zostały przeprowadzone na populacji 100 użytkowników. Charakterystyki przedstawiono dla wzorców rejestracji i weryfikacji w kategoriach liczby punktów charakterystycznych (minucji) oraz jakości obrazu linii papilarnych.

Słowa kluczowe: biometria, wzorce biometrii linii papilarnych, detale Galtona, minucje, jakość obrazów linii papilarnych.

1. Introduction

Access control systems are nowadays frequently based on two-factor (e.g. knowledge and possession) authentication or one-factor authentication, based on anatomical or behavioral human characteristics [1, 6]. Biometrics is considered to be the future of strong authentication

systems [2], however there is still a lot research work to be carried out, in order this expectation will come to life [3]. Fingerprint biometrics [5] is considered to be the one of the most popular biometric modality that is applied in out-of-laboratory access control solutions.

In general, biometric authentication system is functioning in two phases [4]: first one, called enrollment phase, is aimed at creation of biometric template which is used later (phase two) for verification (1:1) or identification (1:many) purposes. During the first phase, the user interacts with biometric reader, which performs acquisition of raw biometric data (fig. 1a), which are transformed into list of values defining characteristic points of fingerprint, called minutiae (fig. 1b).

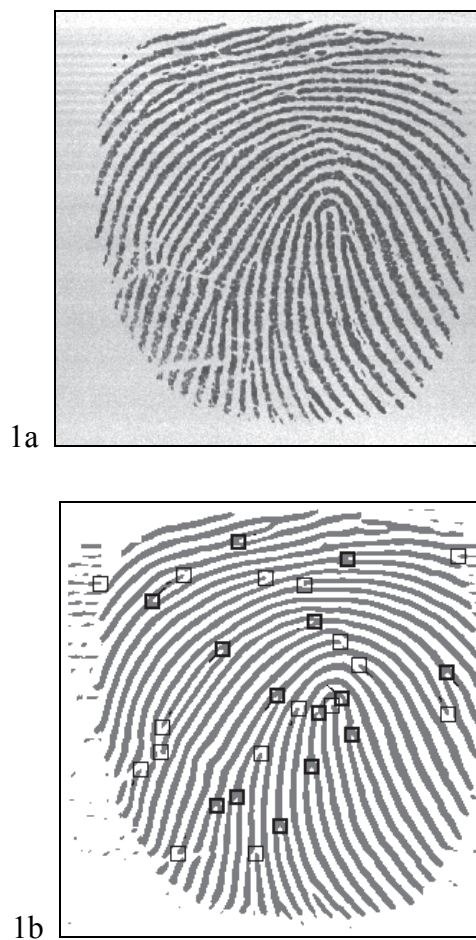


Fig. 1. Raw biometric data (1a) and fingerprint characteristics (minutiae) (1b)

Rys. 1. Surowe dane biometryczne (1a) oraz charakterystyki linii papilarnych (minucje) (1b)

Źródło: Opracowanie własne.

The definition of characteristics points can be represented in the following way (tab. 1 and fig. 2).

Table 1

Definition of fingerprint biometric template

ID	X	Y	Angle	Type
#0:	201	25	angle=-2.968525	type=1
#1:	191	55	angle=-2.710685	type=1
#2:	207	79	angle=0.576724	type=2
#3:	204	93	angle=-2.538360	type=2
#4:	184	36	angle=0.268858	type=1
#5:	244	141	angle=-2.475410	type=2
#6:	94	85	angle=-2.892681	type=2
#7:	156	159	angle=-2.424421	type=1
#8:	99	164	angle=-2.797458	type=1
#9:	69	213	angle=2.392363	type=1
#10:	90	18	angle=2.068007	type=2
#11:	106	198	angle=0.907887	type=2
#12:	101	21	angle=1.040429	type=1
#13:	220	224	angle=1.092228	type=1
#14:	68	256	angle=-1.873046	type=1
#15:	130	257	angle=1.157502	type=1
#16:	54	26	angle=1.163815	type=1
#17:	111	269	angle=1.184647	type=1

Źródło: Opracowanie własne.

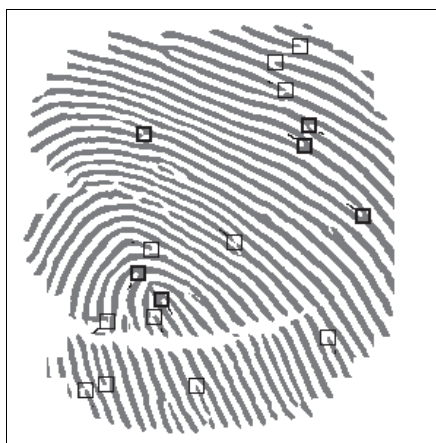


Fig. 2. Fingerprint characteristics (minutiae) visualization based on data in table 1

Rys. 2. Wizualizacja charakterystyk linii papilarnych (minucji) na podstawie danych z tabeli 1 (1b)

Źródło: Opracowanie własne.

In case of fingerprint biometrics, the only characteristic examined during the first and second phase, just before the template creation (reference template/verification template) is the number of minutiae points. If the number of identified minutiae points is equal or greater than given threshold, than the template is created. As empirical study reveals, the minutiae points are detected even from images, which quality is low, thus leading to improper minutiae identification (see fig. 3).



Fig. 3. Fingerprint characteristics (minutiae): 3a – 25 points, 3b – 37 points

Rys. 3. Charakterystyki linii papilarnych (minucje): 3a – 25 punktów, 3b – 37 punktów

Źródło: Opracowanie własne.

In this paper it is proposed to extend the catalogue of used characteristics by the one which is related to quality of fingerprint images. The next part of the paper consists of research results obtained by use of fingerprint biometric authentication systems in enrollment and verification phases performed by 100 users.

2. Results of experiments

One hundred enrollment sessions and one hundred verification sessions were performed by use of biometric authentication system and capacitive fingerprint sensor. The first part of research results present the quantitative characteristics (fig. 4, 5, 6) the second part of the results show the qualitative characteristics (fig. 7, 8, 9).

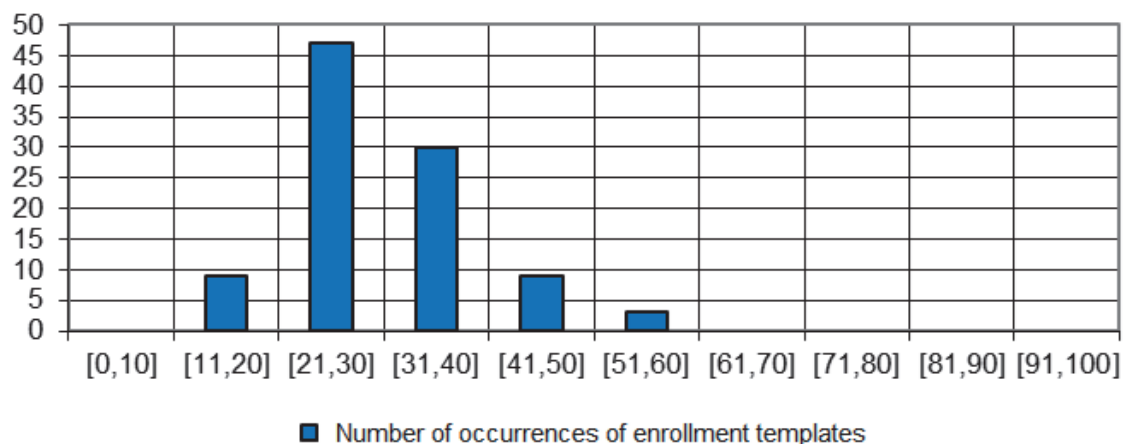


Fig. 4. Number of occurrences of enrollment templates (quantitative characteristics)

Rys. 4. Liczba wystąpień wzorców rejestracji (charakterystyka ilościowa)

Źródło: Opracowanie własne.

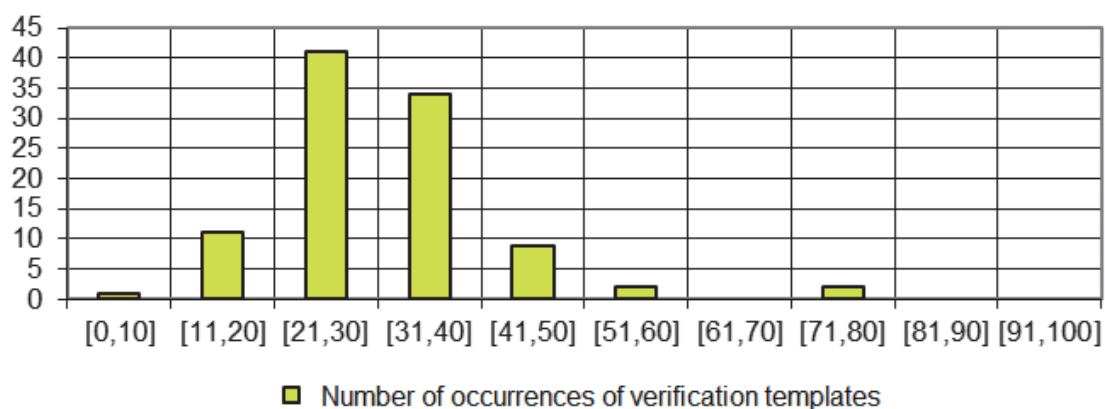


Fig. 5. Number of occurrences of verification templates (quantitative characteristics)

Rys. 5. Liczba wystąpień wzorców weryfikacji (charakterystyka ilościowa)

Źródło: Opracowanie własne.

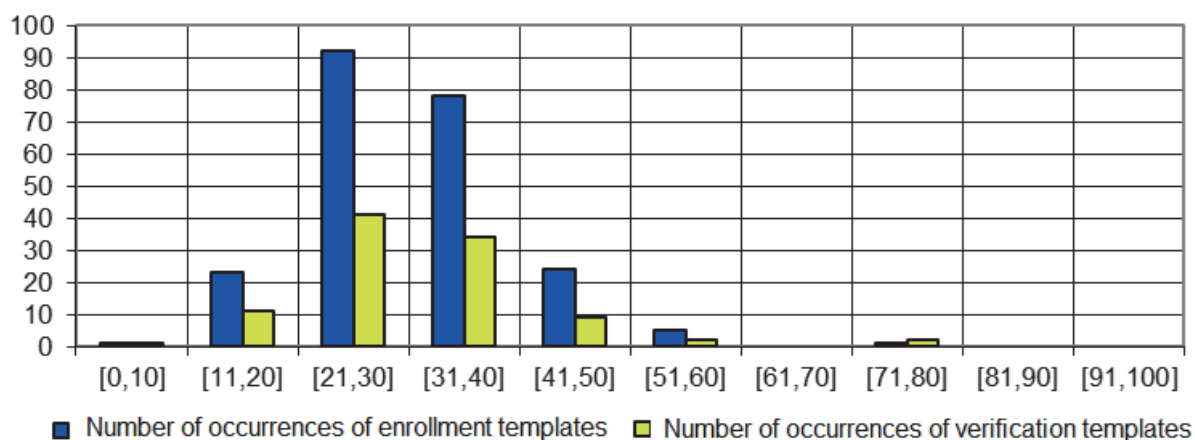


Fig. 6. Number of occurrences of enrollment and verification templates (quantitative characteristics)

Rys. 6. Liczba wystąpień wzorców rejestracji i weryfikacji (charakterystyka ilościowa)

Źródło: Opracowanie własne.

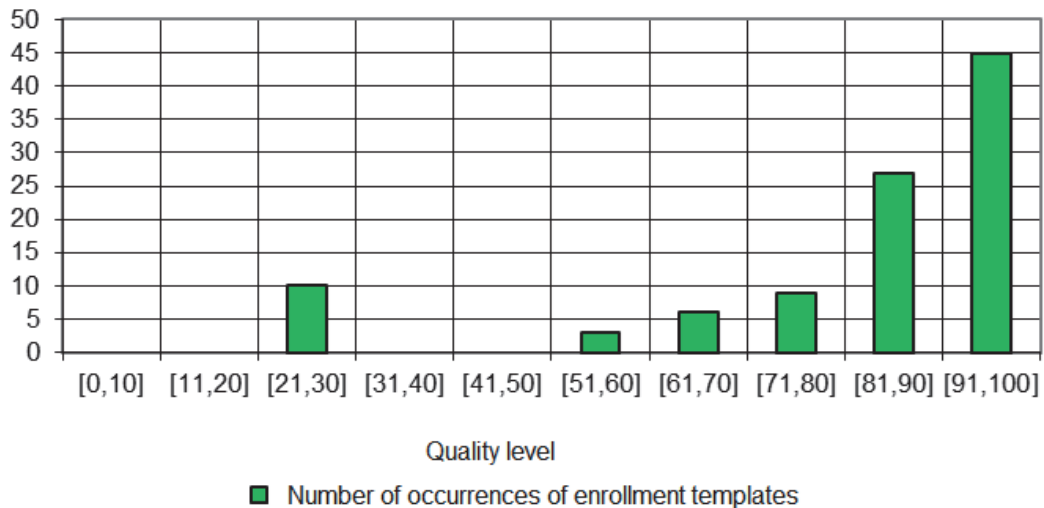


Fig. 7. Number of occurrences of enrollment templates (qualitative characteristics)

Rys. 7. Liczba wystąpień wzorców rejestracji (charakterystyka jakościowa)

Źródło: Opracowanie własne.

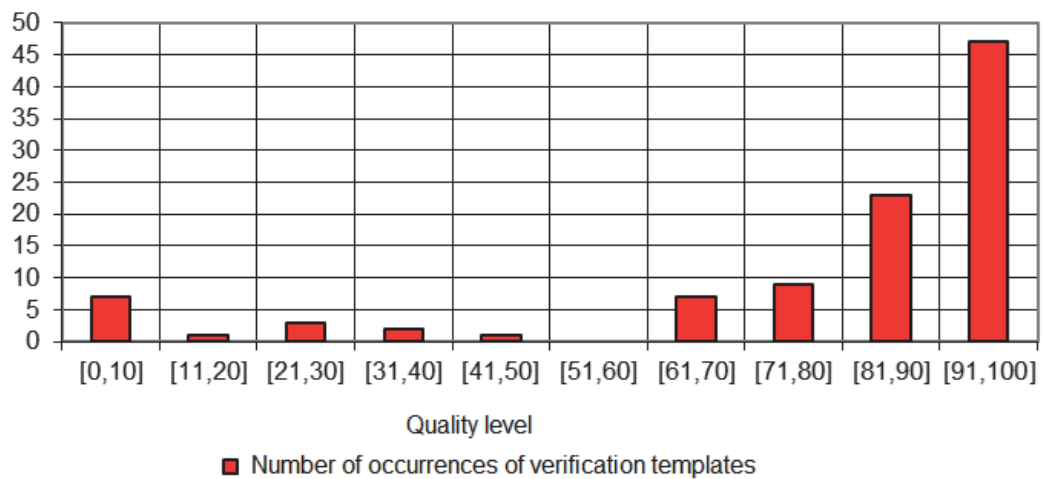


Fig. 8. Number of occurrences of verification templates (qualitative characteristics)

Rys. 8. Liczba wystąpień wzorców weryfikacji (charakterystyka jakościowa)

Źródło: Opracowanie własne.

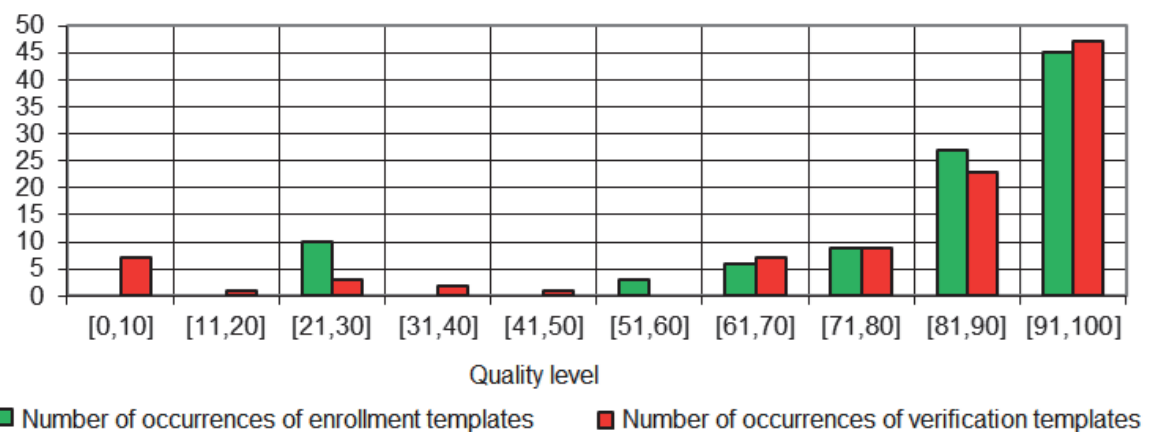


Fig. 9. Number of occurrences of enrollment and verification templates (qualitative characteristics)

Rys. 9. Liczba wystąpień wzorców rejestracji i weryfikacji (charakterystyka jakościowa)

Źródło: Opracowanie własne.

On fig. 10 the number of occurrences for both (quantitative and qualitative) characteristics are presented.

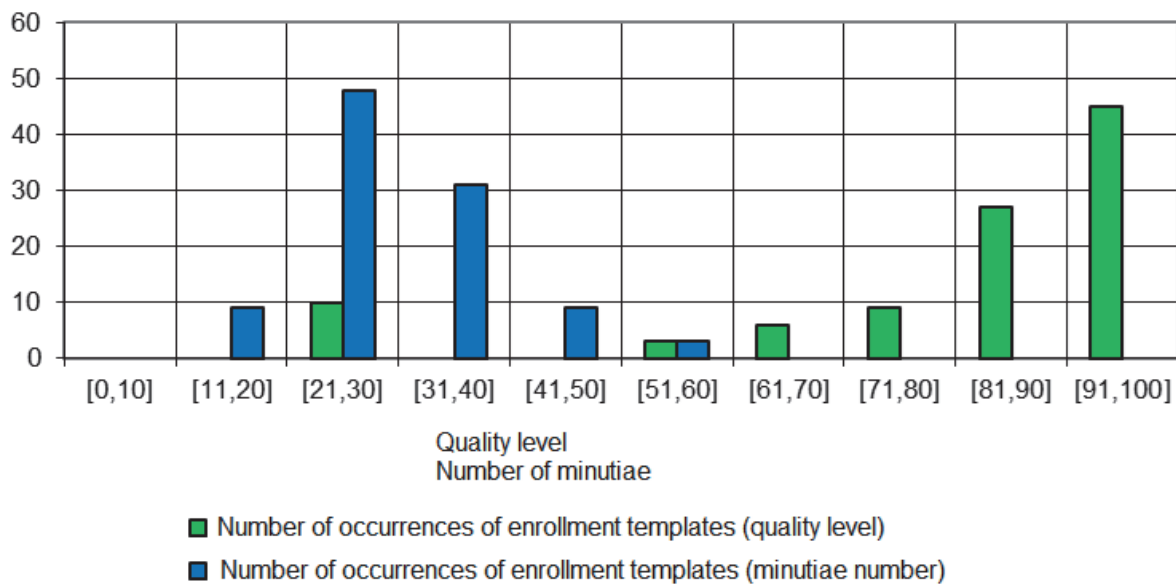


Fig. 10. Number of occurrences of enrollment templates (both characteristics)

Rys. 10. Liczba wystąpień wzorców rejestracji (obie charakterystyki)

Źródło: Opracowanie własne.

The detailed information about minutiae points and image quality can be obtained by analysis of particular users and their enrollment/verification sessions. For example, the fig. 11 depicts how the first phase (enrollment) was performed by first 30 users involved in the experiment.

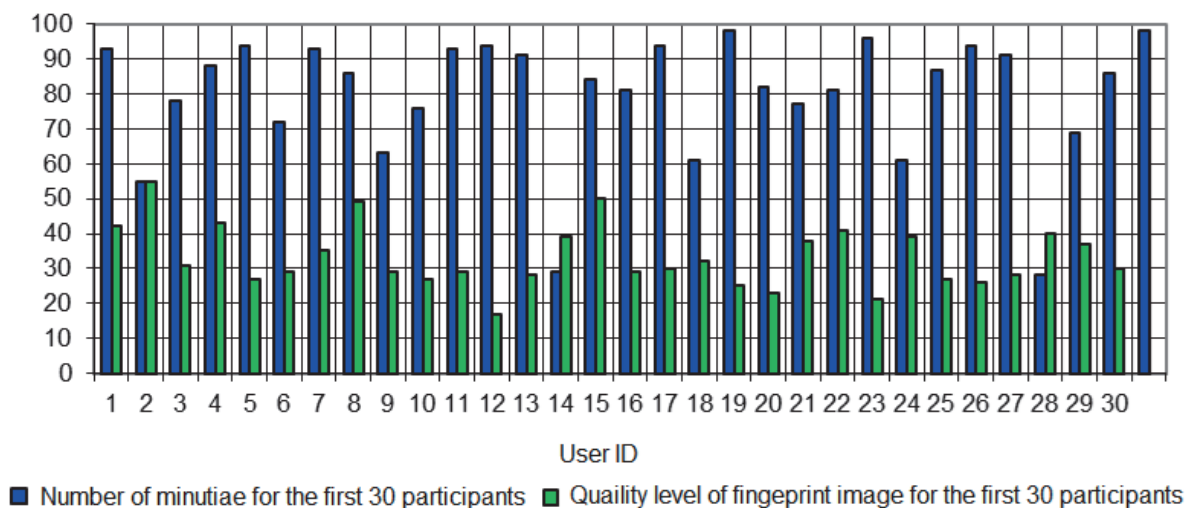


Fig. 11. Number of minutiae points and quality level of fingerprint image (first 30 participants)

Rys. 11. Liczba minucji oraz poziom jakości obrazu linii papilarnych (pierwszych 30 uczestników)

Źródło: Opracowanie własne.

Final part of experiment was aimed at examining of fluctuations of both characteristics. Every of three users (U1, U2 and U3) was asked to deliver 30 enrollment templates and 30

verification templates. Fig. 12 presents the number of minutiae points identified during 30 enrollment sessions performed by users: U1, U2 and U3.

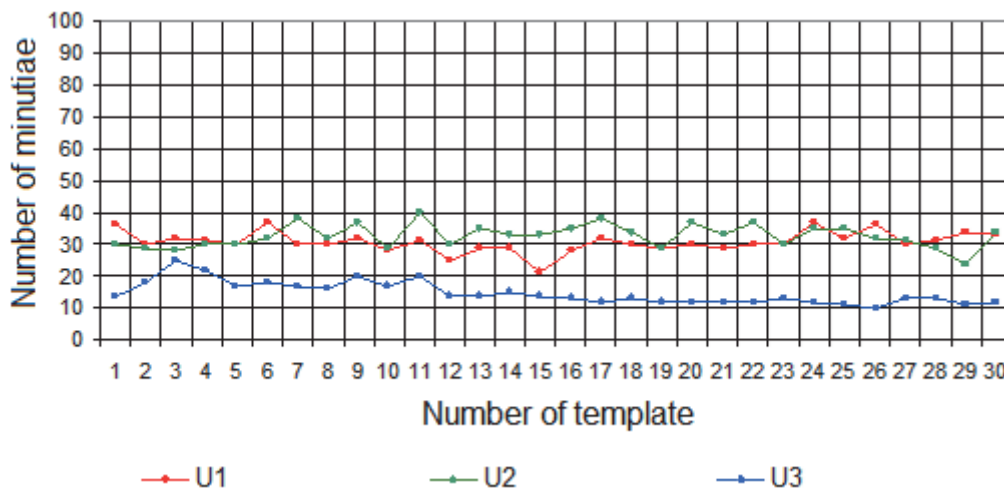


Fig. 12. Number of minutiae points identified during 30 enrollment sessions performed by users: U1, U2 and U3

Rys. 12. Liczba punktów charakterystycznych zidentyfikowanych podczas 30 sesji rejestracji przeprowadzonych przez użytkowników: U1, U2 i U3

Źródło: Opracowanie własne.

Fig. 13 presents the quality levels of fingerprint images acquired during 30 enrollment sessions performed by users: U1, U2 and U3.

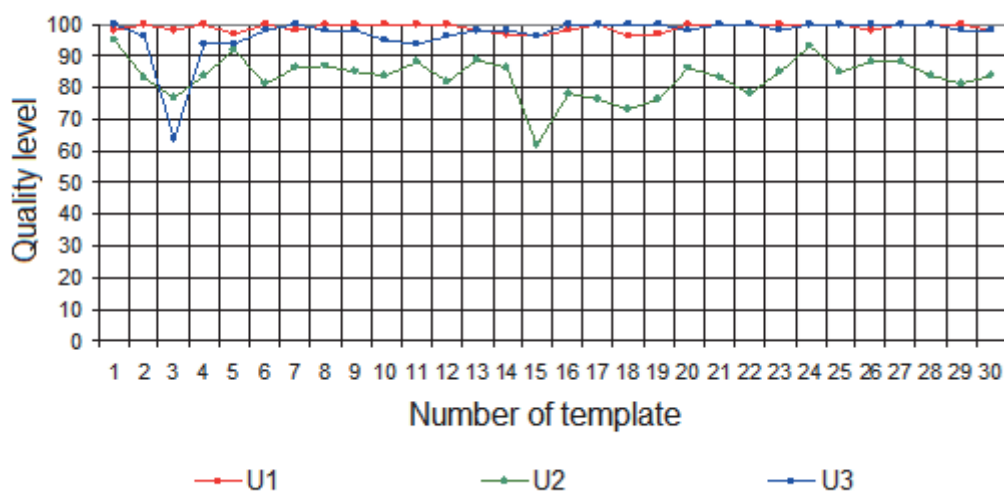


Fig. 13. Quality levels of fingerprint images acquired during 30 enrollment sessions performed by users: U1, U2 and U3

Rys. 13. Poziomy jakości obrazów linii papilarnych zidentyfikowane podczas 30 sesji rejestracji przeprowadzonych przez użytkowników: U1, U2 i U3

Źródło: Opracowanie własne.

3. Conclusions

This article documented the research results performed using fingerprint authentication system with special emphasis on qualitative and quantitative characteristics of fingerprint biometrics. The research were carried out on the population of 100 users and the characteristics were presented for enrollment and verification templates in terms of number of minutiae points and the quality of fingerprint image. In this paper it was proposed to extend the catalogue of used characteristics by quality of fingerprint images. Examining the quality of fingerprint image during first and second phase could lead to increase of performance of biometric authentication systems, i.e. lower rates of false acceptance and false rejection rates.

Bibliography

1. Bolle Ruud M., Connel J.H., Pankanti S., Ratha N.K., Senior A.W.: Biometria. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
2. Jain A., Flynn P., Ross A.: Handbook of Biometrics. Springer-Verlag, 2007.
3. Jain, A., Ross, A., Nandakumar, K.: Introduction to biometrics. Springer-Verlag, 2011.
4. Li S. (ed.): Encyclopedia of Biometrics. Springer-Verlag, 2009.
5. Maltoni D., Maio D., Jain A, Prabhakar S.: Handbook of Fingerprint Recognition. Springer-Verlag, 2003.
6. Wayman J., Jain A., Maltoni D., Maio D.: Biometric Systems: Technology, Design and Performance Evaluation. Springer-Verlag, 2005.

Omówienie

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań z dziedziny biometrii linii papilarnych. W pierwszej części artykułu opisano w sposób syntetyczny najważniejsze informacje dotyczące biometrii linii papilarnych. W szczególności podjęto zagadnienia dotyczące punktów charakterystycznych (minucji) oraz ich reprezentacji w komputerowym systemie identyfikacji biometrycznej. Główną część pracy stanowi rozdział 2, w którym zaprezentowano wyniki przeprowadzonych prac badawczych. W ramach tychże prac pozyskano oraz przeanalizowano pod kątem ilościowym oraz jakościowym charakterystyki biometrii linii papilarnych 100 uczestników eksperymentu. W pracy przedstawiono wykresy prezentujące liczby minucji oraz poziomy jakości wzorców rejestracji i weryfikacji.