

# EVALUATION OF THE SUITABILITY OF DIGITALLY CAPTURED SIGNATURES COLLECTED IN THE ELECTRONIC CONFIRMATION OF RECEIPT (*ELEKTRONICZNE POTWIERDZENIE ODBIORU – EPO*) PROGRAM FOR FORENSIC HANDWRITING EXAMINATION

Tomasz DZIEDZIC, Anna FERENC

*Institute of Forensic Research, Kraków, Poland*

## Abstract

In the Electronic Confirmation of Receipt (*Elektroniczne Potwierdzenie Odbioru – EPO*) program implemented by the Polish Ministry of Justice since 2014, the addressee signs a confirmation of delivery with a digitally captured signature (DCS; also known as a dynamic signature, biometric signature, etc.). In the course of this action, the writing movement is being sampled and saved as a sequence of biometric data in files called *EPO* cards. In the presented research, 150 such files were examined in order to verify if the biometric data are suitable for calculating and visualising the features that are indicated in the literature as the most important in forensic identification of DCS. Three types of *EPO* cards differing in data encoding were distinguished and all of them were assessed as suitable for forensic identification. Difficulties resulting from comparing biometric data from different types of *EPO* cards were highlighted and measures to improve their mutual compatibility were proposed.

## Keywords

Forensic handwriting examination; Forensic signature examination; Digitally captured signatures; DCS; Dynamic signatures; Electronic signatures; Biometric signatures.

*Retrieved 11 September 2020; accepted 20 January 2021*

## Introduction

In 2014, the Ministry of Justice of the Republic of Poland launched the *Elektroniczne Potwierdzenie Odbioru EPO* – (Electronic Confirmation of Receipt) program, the main aim of which was to improve the delivery service system for bodies subordinate to this ministry, such as courts, prosecutors' offices and penitentiaries. Under the program, the traditional paper confirmation of receipt has been replaced with an electronic document. As a result of the introduced changes, the effectiveness of delivery has been improved, costs have been lowered and the average time of circulation of correspondence has been shortened from 18.4 days to 6.7 days (Comparison of the speed of circulation of information on court mail).

Confirmations of receipt are signed using biometric digitally captured signature technology (hereafter DCS). The signing process thus differs from the traditional solution only in the type of medium used – instead of pen and paper, signature pads or tablets and appropriate styli are used. Combined with specialised software, they allow the sampling of writing movements and recording them as a sequence of data: for each point, its position (corresponding to the position of the stylus on the active area of the digitizer using the Cartesian coordinate system), time and pressure<sup>1</sup> are captured. Figure 1 shows the information displayed

<sup>1</sup> The force values are referred to as “pressure” in this article, as this is a common term used in forensic handwriting examination.

on the screen of a mobile device (graphical interface). The rectangle at the bottom of the screen is the active area, on which the recipient is required to sign.

The captured data are encoded during transmission, saved and stored as XML files (Fig. 2). These files, called *EPO* cards, contain the following: data on the delivery (ID number, sending number and date), an image of the signature in the form of a bitmap encoded in Base64 format (Fig. 3), information on the delivery and biometric data of the signature.

It is biometric data that play a key role in forensic examination of DCS. The type and format of the captured signature numerical data and the accompanying metadata are regulated by the International Organization for Standardization (ISO/IEC 19794-7:2014). Numerous authors emphasize that biometric data allow not only visualization of the static image of the signature, but above all reproduction of the dynamics of writing, i.e., the movement of the writing implement in three dimensions and in time (Teulings, Maarse, 1984; Flynn, 2012; Nicolaidis, 2012; Dziedzic, 2020; Geistová Čakovská et al., 2021). Moreover, while in the examination of conventional writings (e.g. executed with a ballpoint pen on a paper surface), their time

and pressure-related features can only be examined qualitatively by assessing line quality, DCS data allow the calculation of specific values concerning the duration and speed of writing, as well as the pressure of the stylus on the surface, both for the whole signature and any of its parts (Ostrum, Tanaka, 2006; Guest, Fairhurst, Linnell, 2009; Will, 2012). These values form the basis for creating various types of graphs (e.g. depicting the variation of writing speed or pressure as a function of time), which can be compared between the questioned and known samples, as well as for various types of statistical calculations (Harralson, 2013; Linden, Marquis, Mazzella, 2016; Linden, Marquis, Bozza, Taroni, 2018; Mohammed, 2019). Furthermore, experimental studies on a large group of individuals have not observed a general tendency of different writing behaviour when signing on signature pads and on paper (Heckerroth et al., 2021). In other studies, handwriting experts who have been provided with numerical signature data have made conclusions about their authenticity with a similar degree of probability to those relating to the genuineness of conventional signatures (Heckerroth, Boywitt, 2018).

Karta EPO  DORĘCZENIE

Numer nadawczy:

**VII**  
wezwanie wiadka/biegłego z nowym pouc

Adresat potwierdzenia:  
Sąd Okręgowy w Białymstoku  
ul. ul. Marii Skłodowskiej-Curie 1  
15-950 Białystok

ODBIORCA: ILOŚĆ PRZESYŁEK: 1

Potwierdzam własnoręcznym podpisem, że w dniu dzisiejszym  otrzymałem niniejszą przesyłkę.

**DATA ODBIORU** **PODPIS**

Fig. 1. Graphical interface of a portable device used for capturing signatures in the *EPO* system.

**Aim of the study**

Delivery services play a significant role in the functioning of justice administration units. The possibility of carrying out procedural actions according to plan, holding court hearings on time, and the threat of judgements becoming legally binding, among other things, depend on the reliability of confirmations of receipt. It is therefore a matter of the utmost importance

to ensure that electronic confirmations of receipt are authenticated in an effective manner, i.e., with the use of signatures of incontestable quality. This depends on the possibility of subjecting the signature – in the case of it being disputed – to forensic handwriting examination aimed at verifying whether it was written by a specific person. In the case of DCS, the possibility of carrying out an appropriate analysis depends, among other things, on the quality of the data provided.



Fig. 2. Example of EPO card file content.



Fig. 3. Decoded bitmap.

The aim of the present study was to evaluate the suitability of biometric data of signatures captured in the *EPO* system for forensic handwriting examination by analysing the type of recorded numerical data and verifying the possibility of calculating the most important parameters of signatures on their basis.

## Methodology

The study used the biometric data of 150 signatures dating from September 2014 to October 2018. Each signature point captured in the *EPO* system is described by the following four data channels (Fig. 4):

- $x_n$  coordinate – the location of the stylus on the active area of the digitizer in the horizontal axis;
- $y_n$  coordinate – the location of the stylus on the active area of the digitizer in the vertical axis;
- ( $F_n$ ) pressure – the force exerted by the stylus on the active area at the given point.

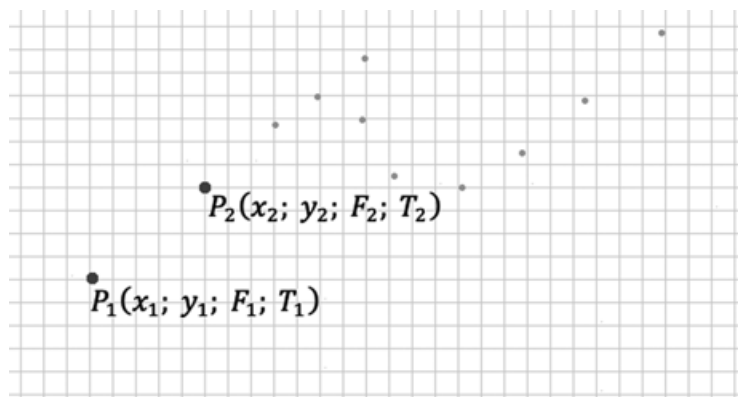
Digitizers usually feature a defined number of distinguishable pressure levels, which is a power of 2 (e.g. 256 or 4096). However, in most of the tested *EPO* cards, the pressure is captured as a percentage value ranging from 0 (when it is not detected) to 100 (when it reaches the maximum level);

- timestamp  $T_n$  – time marker of the captured point.

Using the above raw data, the following three properties of individual points (hereafter referred to as local features) were calculated:

- $\Delta T_n$  – the time that has elapsed between the recording of two successive points, calculated according to equation 1. The result of subtracting the timestamp of the preceding point from the succeeding one is divided by a thousand in order to convert the units from milliseconds to seconds.

$$\text{(equation 1) } \Delta T_n = \frac{T_n - T_{n-1}}{1000} \text{ [s]}$$



Where  $\Delta T_n$  has a repeating value or an integer multiple thereof (e.g. row 8 in Table 2) over the whole range of the signature data, it can be interpreted as the time after which successive points of the signature are captured, and the sampling frequency can be determined on its basis according to equation 2.

$$\text{(equation 2) } f = \frac{1}{\Delta T_n} \text{ [Hz]}$$

- $D_{P_{n-1}/P_n}$  – Euclidean distance between two successive points, calculated according to equation 3.

$$\text{(equation 3)}$$

$$D_{P_{n-1}/P_n} = \sqrt{(x_{n-1} - x_n)^2 + (y_{n-1} - y_n)^2}$$

The calculated value is presented in units of length introduced by the given system of coordinates. Their conversion to SI units (e.g. millimetres) would require scaling, but for the purpose of this study it was not necessary. Consequently, further in this study, line length and instantaneous speed, which is calculated using lengths, are given without units;

- $S_n$  – instantaneous speed at a given point, calculated according to equation 4 as the distance between two consecutive points divided by the time that has elapsed between their recording.

$$\text{(equation 4) } S_n = \frac{D_{P_{n-1}/P_n}}{\Delta T_n}$$

Based on the values of local features, the signature data can be divided into the following categories (Table 1):

- Point in contact – captured during the time when the stylus remained in contact with the active area. Such a point is described by values of coordinates  $x_n$  and  $y_n$ , with a positive pressure value and non-zero value of  $\Delta T_n$ . Visualization of points in contact is similar to the image of the bitmap contained in the *EPO* card;

Fig. 4. Description scheme for signature points captured in the *EPO* system –  $P_n(x_n; y_n; F_n; T_n)$ .

- Point in the air – captured during the time when the stylus was not in contact with the active area or the pressure did not exceed the detection limit of the digitizer. Such a point has known values of coordinate  $x_n$  and  $y_n$ , zero pressure and a non-zero value of  $\Delta T_n$ ;
- Out-of-range movement – trajectory of stylus motion for which values of coordinates  $x_n$  and  $y_n$  have not been captured due to technical limitations. Such a gap in data occurs when the stylus is lifted more than several millimetres above the active area (i.e., beyond the range of the electromagnetic field, if the digitizer supports the recording of points in the air; Wacom STU-530 datasheet, 2017) or when the stylus is lifted from the active area (if the digitizer lacks this functionality). Although the pressure and timestamp for out-of-range movements are not captured either, the former value is undoubtedly zero, but the latter is equal to the sampling time. Such locations can be identified by finding points for which  $\Delta T_n$  is an integer multiple of the sampling time, or by locating artefacts. Thus, the time during which data were not captured is known, but the trajectory of the stylus movement during this time remains unknown. The value  $D_{P_{n-1}/P_n}$ , being in this case a straight line linking the last captured point before the gap was created with the first captured point after the re-entry of the stylus within the range of the electromagnetic field or after applying the stylus to the surface, does not reflect the real trajectory of the writing movement;
- artefact – an additional point inserted at the place where the stylus is lifted above the active area in the case of digitizers that do not support the recording of points in the air. An artefact is characterised by the same values of coordinates  $x_n$  and  $y_n$  and the same timestamp as the point in contact that precedes it, as well as by zero pressure.

Local features allow the calculation or determination of a number of features describing the entire

signature (hereafter referred to as global features), such as:

- line length in contact, line length in the air – the sum of the lengths of the lines connecting points of the given category,
- out-of-range line length – the sum of the lengths of straight lines connecting the points captured directly before and immediately after an out-of-range movement (it should be emphasized that these straight lines do not reflect the actual trajectory of the out-of-range movement),
- total signature line length – sum of lengths of lines connecting all captured signature points (except for lines connecting points located directly before and after the out-of-range movement),
- time in contact – sum of  $\Delta T_n$  for points in contact,
- time in the air – sum of  $\Delta T_n$  for points in the air,
- time of out-of-range movement – sum of  $\Delta T_n$  for points captured directly before and directly after an out-of-range movement,
- total time of execution of signature – difference between timestamp values for the last and first point of the signature,
- maximum pressure – the maximum captured value of the pressure,
- mean pressure – the arithmetic mean of the captured pressure values for the points in contact,
- maximum speed in contact, maximum speed in the air – the maximum value of instantaneous speed calculated for a given category of points,
- mean speed in contact, mean speed in the air – the mean writing speed calculated on the basis of the line length in contact or in the air divided by the time in contact or in the air, respectively,
- mean speed – the mean writing speed calculated on the basis of the total length of the signature line and the sum of the writing times in contact and in the air,
- number of pen lifts – the number of locations where a point in the air directly follows a point in contact

Table 1  
Types of data contained in EPO cards

	x and y coordinates	Pressure	Timestamp	$\Delta T_n$
<b>Point in contact</b>	captured	positive value	captured	equal to the sampling rate
<b>Point in the air</b>	captured	zero value	captured	equal to the sampling rate
<b>Out of range</b>	not captured	null/zero value	null/equal to the sampling rate	in the following captured point equal to an integer multiple of the sampling time
<b>Artefact</b>	the same as in the previous point	zero value	the same as in the previous point	zero value

or in which  $\Delta T_n$  is an integer multiple of the sampling time.

## Results and discussion

As a result of the performed analyses, three types of *EPO* cards that differed in the way the biometric data are encoded were distinguished. Each of these types is characterised below, taking into account the specific nature of the examination of the signatures encoded in each of them.

*EPO* cards of the first type are characterised by the highest quality of data from the point of view of forensic handwriting examination. Importantly, this type contains information concerning points in the air, and, furthermore, the sampling frequency is constant at 100 Hz, which means that successive points are captured at regular intervals of 0.01 s (Table 2). The timestamp is encoded as Unix time (i.e. as a thirteen-digit number expressing how many milliseconds have elapsed between the beginning of 1970 and the time of recording of the given point).

The results of the calculations of global features obtained on the basis of local features for an example signature encoded in a type one *EPO* card are

presented below (Table 3), as well as visualisation of the signature on the basis of x and y coordinate values (Fig. 5) and graphs of the variation of its y coordinate, pressure and instantaneous speed (writing speed) over time (Figs. 6–8). Furthermore, based on the collected data, an animation has been prepared showing the process of signature execution, with freeze-frames from it presented in Fig. 9.

The second type of *EPO* card differs from the first in that it does not contain data relating to points in the air. However, an artefact is added when the stylus is lifted from the surface (Table 4, row 8). Moreover, the values of  $\Delta T_n$  are irregular here, which means that it is not possible to clearly establish the sampling frequency (Fig. 10).

*EPO* cards of the third type, in turn, are distinguished by the fact that the values on the y-axis are negative numbers and the pressure is not expressed as a percentage, but in units that can be interpreted as pressure levels recognized by the digitizer. Furthermore, the timestamp here is not encoded as Unix time, but refers to the real time at which the signature was captured. The sampling frequency is fixed at 200 Hz (which means that successive points are recorded at regular intervals – every 0.005 s). Again in this case, points in the air are not captured, but no artefacts have

Table 2

Examples of data from type one *EPO* card with calculated local features

2	X	Y	Pressure	Timestamp	$\Delta T_n$	D $P_{n-1}/P$	Line legh	Total time	Speed
3	828	59	87	1462774414630	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0
4	834	59	87	1462774414640	0.01	6.0	6.0	0.01	600.0
5	840	57	87	1462774414650	0.01	6.3	12.3	0.02	632.5
6	848	56	60	1462774414660	0.01	8.1	20.4	0.03	806.2
7	853	56	50	1462774414670	0.01	5.0	25.4	0.04	500.0
8	863	64	0	1462774414741	0.07	12.8	38.2	0.11	180.4
9	864	67	0	1462774414750	0.01	3.2	41.4	0.12	351.4
10	862	69	0	1462774414760	0.01	2.8	44.2	0.13	282.8
11	861	70	0	1462774414770	0.01	1.4	45.6	0.14	141.4
12	859	70	0	1462774414780	0.01	2.0	47.6	0.15	200.0
13	859	69	61	1462774414790	0.01	1.0	48.6	0.16	100.0
14	857	67	61	1462774414800	0.01	2.8	51.4	0.17	282.8
15	856	64	61	1462774414810	0.01	3.2	54.6	0.18	316.2
16	856	60	61	1462774414820	0.01	4.0	58.6	0.19	400.0
17	857	56	64	1462774414830	0.01	4.1	62.7	0.20	412.3
18	859	52	68	1462774414840	0.01	4.5	67.2	0.21	447.2
19	862	49	71	1462774414850	0.01	4.2	71.4	0.22	424.3
20	866	50	74	1462774414860	0.01	4.1	75.5	0.23	412.3

been noted at the places where the stylus was lifted. In spite of this, it is possible to find these spots by locating  $\Delta T_n$  which are an integer multiple of the sampling time (Table 5, row 15).

Table 6 below presents an overview of the differences in the way the signature data are encoded in the three types of EPO cards characterised above.

On the basis of the data contained in the EPO cards as well as the calculated local and global features, it is possible to prepare tables and graphs presenting selected features of many signatures in an aggregated manner. Thanks to such tools it is possible,

for example, to compare these features in the questioned signature and reference samples, as well as to track the range of their variability in the evidence or comparative material. Below are examples of collective graphs for signing duration (Fig. 11), line length (Fig. 12), pressure (Fig. 13), number of pen (stylus) lifts (Fig. 14), writing speed (Fig. 15), x and y coordinates for all points (Fig. 16) and points in contact (Fig. 17), as well as graphs of pressure (Fig. 18) and writing speed change over time (Fig. 19), concerning signatures of one person.

Table 3  
Values of global features calculated from local features of an exemplary EPO card

Global feature	Value
total line length	2685
line length in contact	1987
line length in the air	410
line length out of range	310
total time [s]	6.166
time in the air [s]	0.700
time in contact [s]	4.930
time out of range [s]	0.536
maximum pressure [%]	89.01961
mean pressure [%]	64.5927
maximum speed in the air	3895.23
mean speed in the air	585.27
maximum speed in contact	1581.14
mean speed in contact	402.97
mean speed	425.63
number of pen lifts	8
sampling rate [s]	0.010

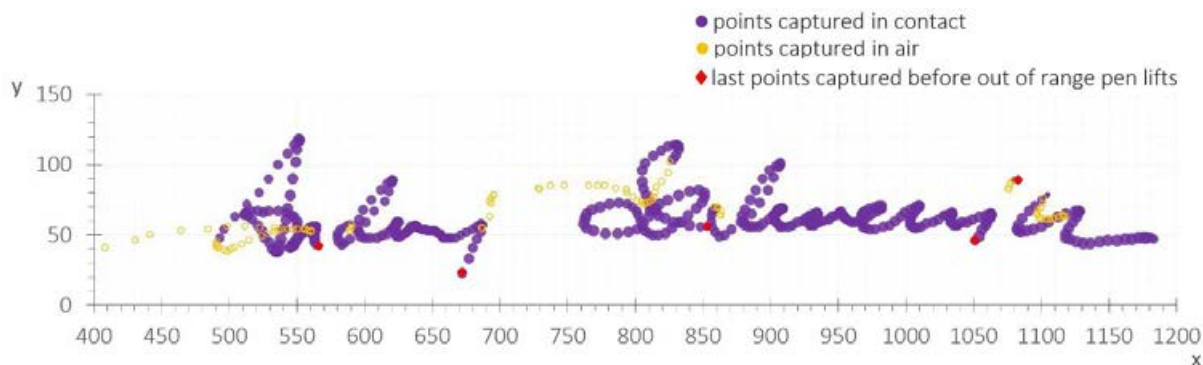


Fig. 5. Plot of the x and y coordinate values of the signature. The size of the points represents the pressure of the stylus on the surface.

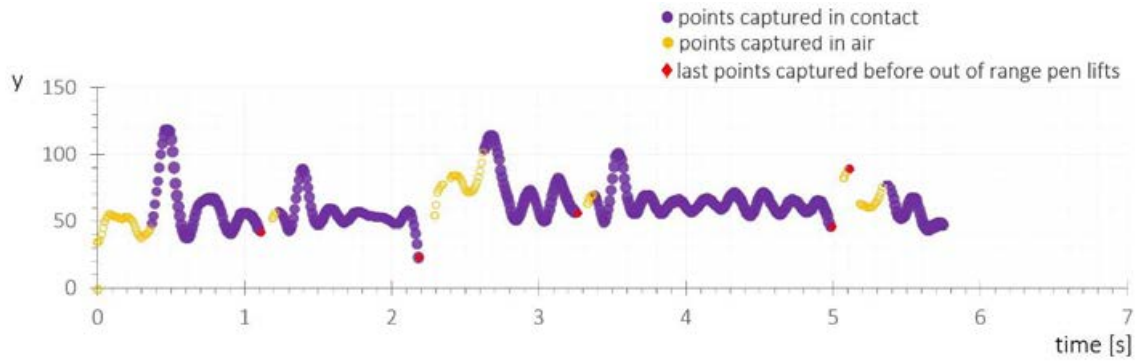


Fig. 6. Plot of the variation of the y-coordinate over time. The size of the points represents the pressure of the stylus on the surface.

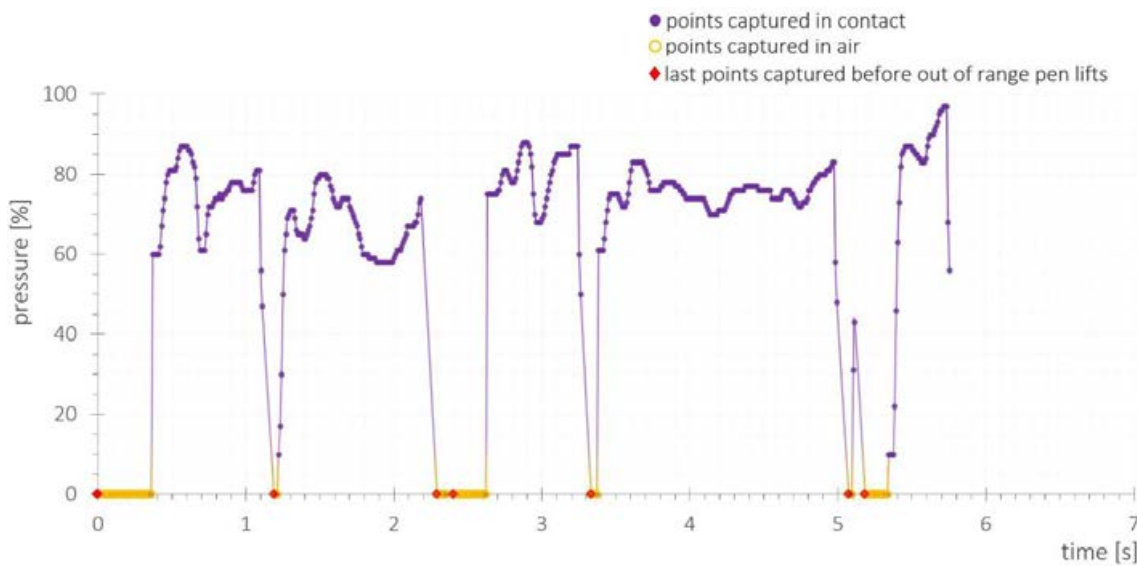


Fig. 7. Plot of pressure variation over time.

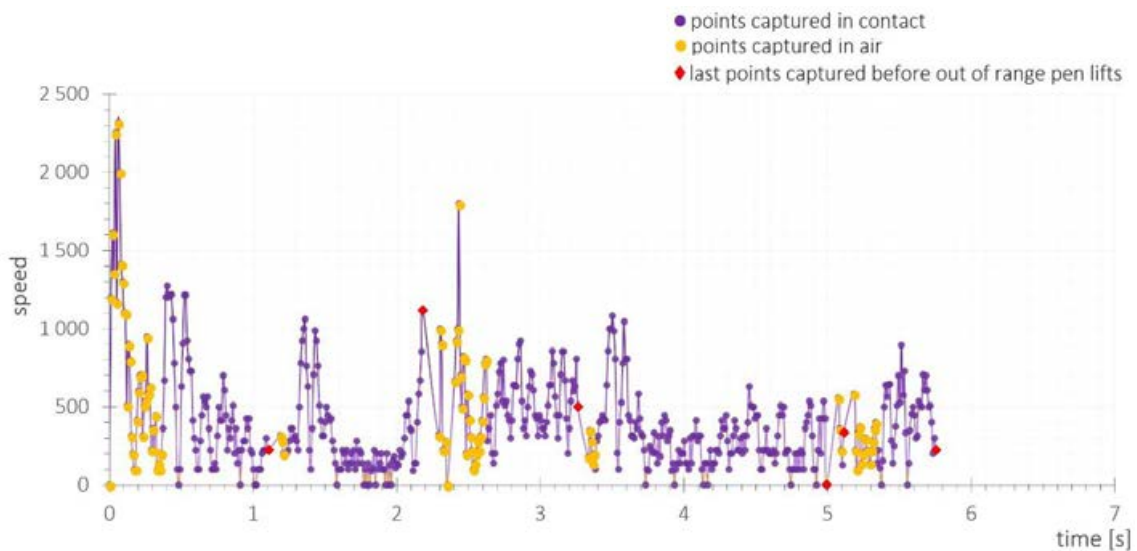


Fig. 8. Plot of instantaneous speed over time.



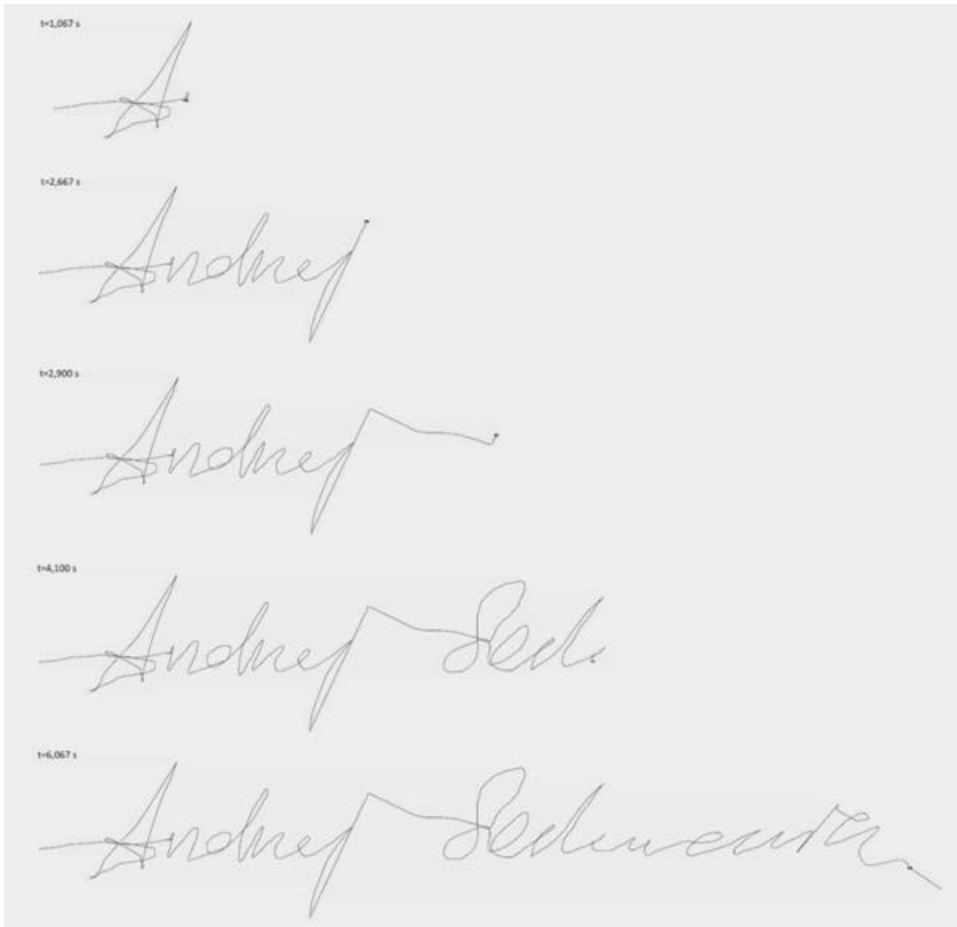


Fig. 9. Freeze frames of the animation showing the signing process.

Table 4  
Examples of data from type two EPO card with calculated local features

2	X	Y	Pressure	Timestamp	$\Delta T_n$	D P <sub>n-1</sub> /P	Line legh <sub>n</sub>	Total time	Speed
3	510	46	41	1416379556521	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
4	510	51	66	1416379556559	0.038	5.0	5.0	0.038	131.6
5	512	53	43	1416379556575	0.016	2.8	7.8	0.054	176.8
6	516	54	18	1416379556592	0.017	4.1	12.0	0.071	242.5
7	518	55	5	1416379556596	0.004	2.2	14.2	0.075	559.0
8	518	55	0	1416379556596	0.000	0.0	14.2	0.075	0.0
9	580	92	62	1416379556747	0.151	72.2	86.4	0.226	478.2
10	583	97	77	1416379556765	0.018	5.8	92.2	0.244	323.9
11	585	101	94	1416379556775	0.010	4.5	96.7	0.254	447.2
12	584	103	96	1416379556789	0.014	2.2	98.9	0.268	159.7
13	579	103	98	1416379556805	0.016	5.0	103.9	0.284	312.5
14	575	101	98	1416379556822	0.017	4.5	108.4	0.301	263.1
15	568	96	94	1416379556838	0.016	8.6	117.0	0.317	537.6
16	563	88	88	1416379556855	0.017	9.4	126.4	0.334	554.9
17	560	81	83	1416379556873	0.018	7.6	134.1	0.352	423.1
18	560	73	79	1416379556889	0.016	8.0	142.1	0.368	500.0
19	560	65	78	1416379556905	0.016	8.0	150.1	0.384	500.0
20	561	57	78	1416379556922	0.017	8.1	158.1	0.401	474.3

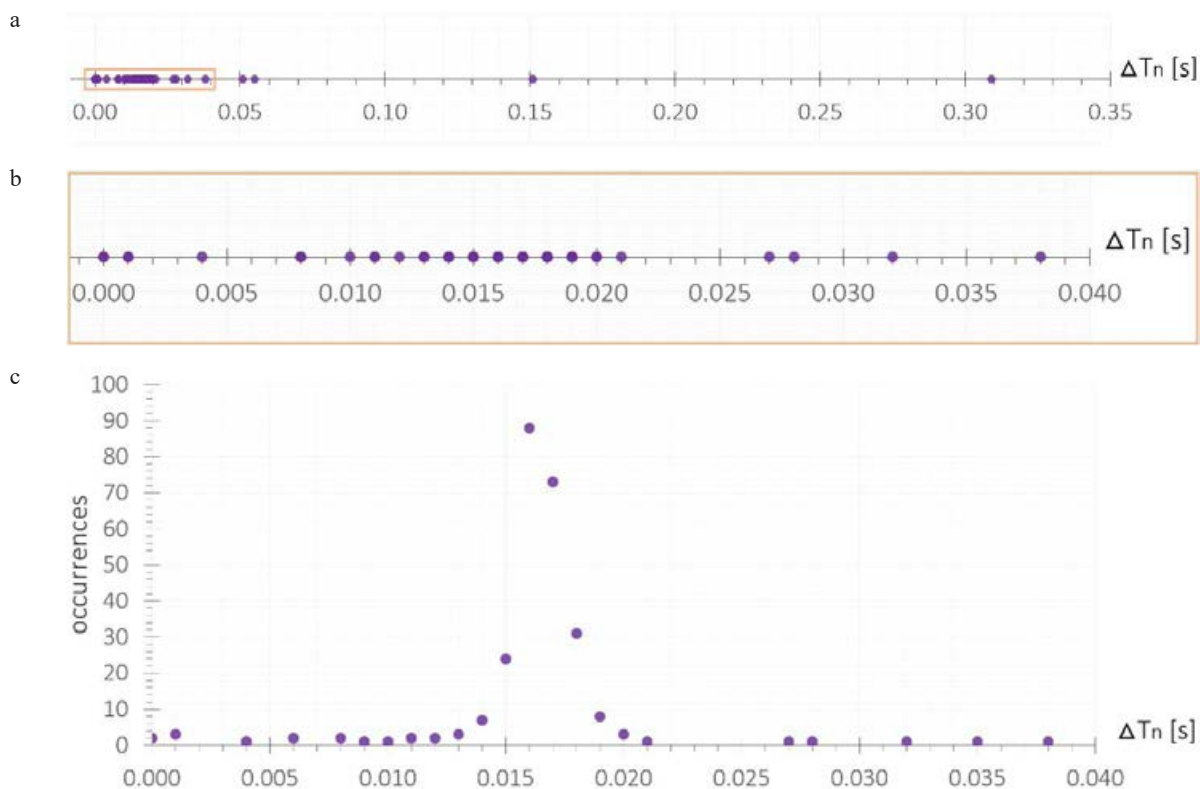


Fig. 10.  $\Delta T_n$  for type two EPO card: a) all the  $\Delta T_n$  values obtained for signature points; b) the  $\Delta T_n$  values ranging from 0 to 0.04 s; c) number of occurrences of the  $\Delta T_n$  values for signature points ranging from 0 to 0.04 s.

Table. 5  
Examples of data from type three EPO card with calculated local features

	X	Y	Pressure	Timestamp	$\Delta T_n$	$D_{P_{n-1}/P}$	Line length	Time from the beginning	Instant speed
2									
3	5249	-5172	598	14365	0.000	0.00000	0.0	0.000	0
4	5255	-5184	600	14370	0.005	13.41641	13.4	0.005	2683.281573
5	5263	-5195	605	14375	0.005	13.60147	27.0	0.010	2720.294102
6	5272	-5205	607	14380	0.005	13.45362	40.5	0.015	2690.724809
7	5281	-5213	607	14385	0.005	12.04159	52.5	0.020	2408.318916
8	5292	-5222	600	14390	0.005	14.21267	66.7	0.025	2842.534081
9	5304	-5230	588	14395	0.005	14.42221	81.1	0.030	2884.44102
10	5318	-5237	561	14400	0.005	15.65248	96.8	0.035	3130.495168
11	5331	-5241	525	14405	0.005	13.60147	110.4	0.040	2720.294102
12	5347	-5243	460	14410	0.005	16.12452	126.5	0.045	3224.903099
13	5362	-5243	348	14415	0.005	15.00000	141.5	0.050	3000
14	5376	-5239	167	14420	0.005	14.56022	156.1	0.055	2912.043956
15	5587	-4721	363	14595	0.175	559.32549	715.4	0.230	3196.145638
16	5586	-4722	414	14600	0.005	1.41421	716.8	0.235	282.8427125
17	5585	-4739	454	14605	0.005	17.02939	733.9	0.240	3405.877273
18	5585	-4756	488	14610	0.005	17.00000	750.9	0.245	3400
19	5586	-4776	515	14615	0.005	20.02498	770.9	0.250	4004.996879
20	5586	-4800	539	14620	0.005	24.00000	794.9	0.255	4800

Table 6  
Overview of the differences in data encoding in the three types of EPO cards

Data	EPO card		
	Type 1	Type 2	Type 3
Points in the air	yes	no	no
Artefacts	no	yes	no
Sampling rate	100 Hz	irregular	200 Hz
y coordinate values	positive	positive	negative
Timestamp encoding	Unix time	Unix time	real time
Pressure unit	percent	percent	level

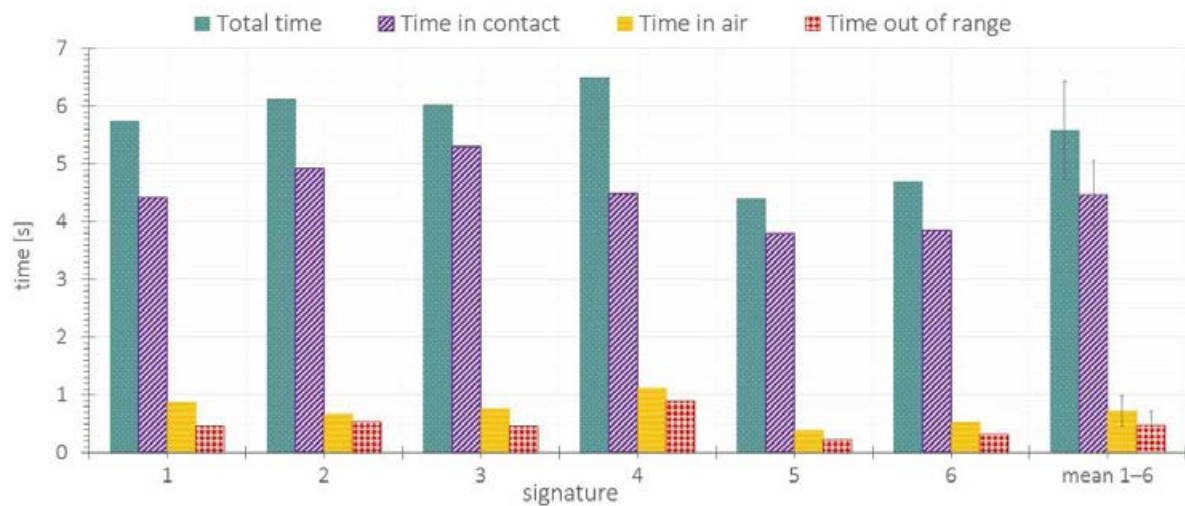


Fig. 11. Comparison of the signing duration for six signatures of one person and their mean values with standard deviation.

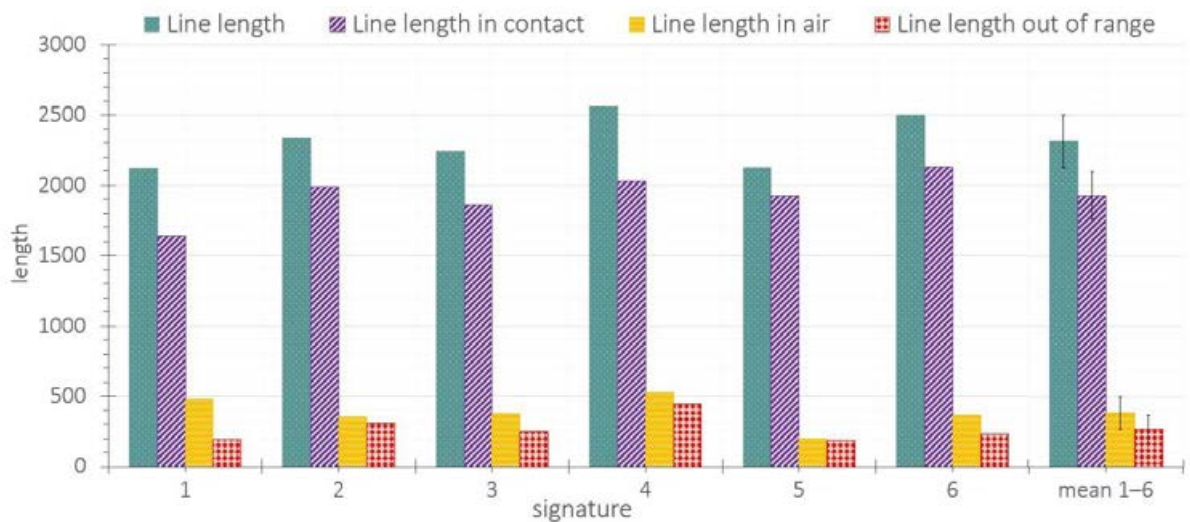


Fig. 12. Comparison of the line length for six signatures of one person and their mean values with standard deviation.

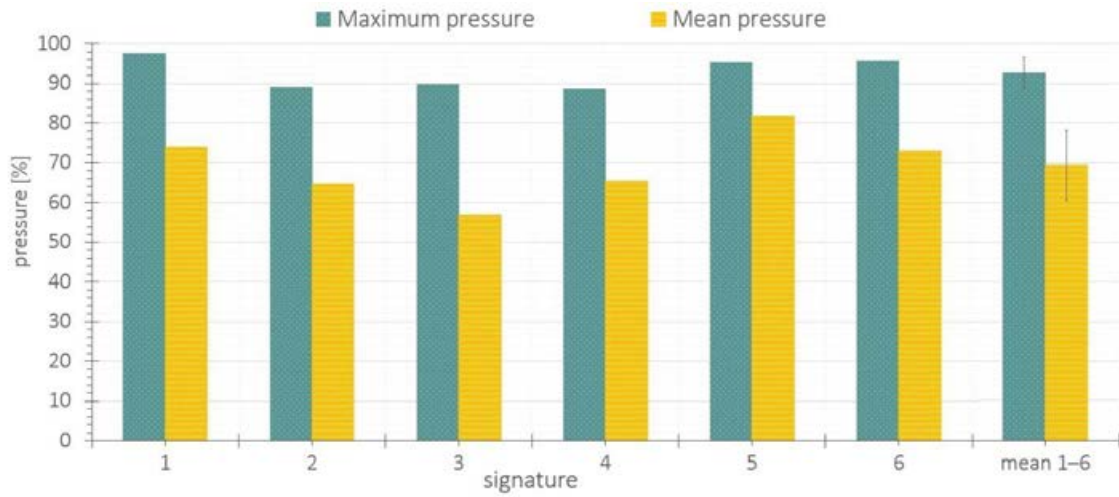


Fig. 13. Comparison of pressure for six signatures of one person and their mean values with standard deviation.

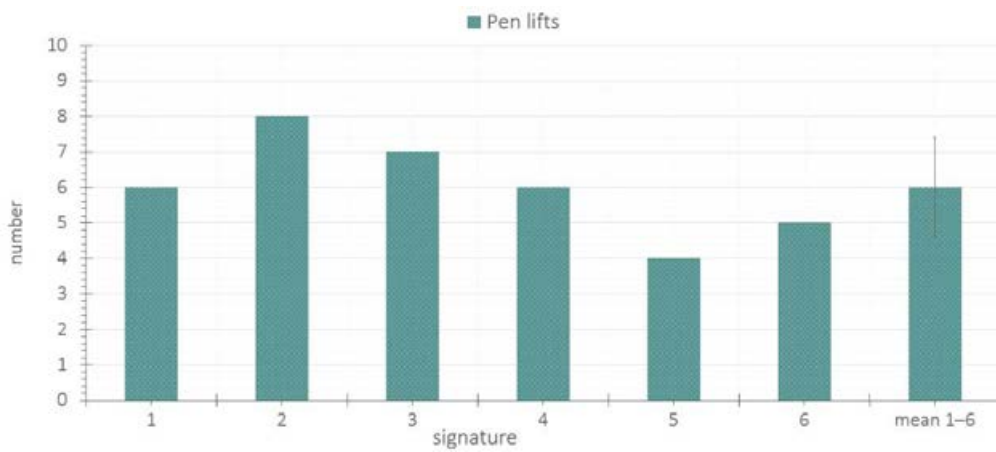


Fig. 14. Comparison of the number of pen lifts for six signatures of one person and their mean value with standard deviation.

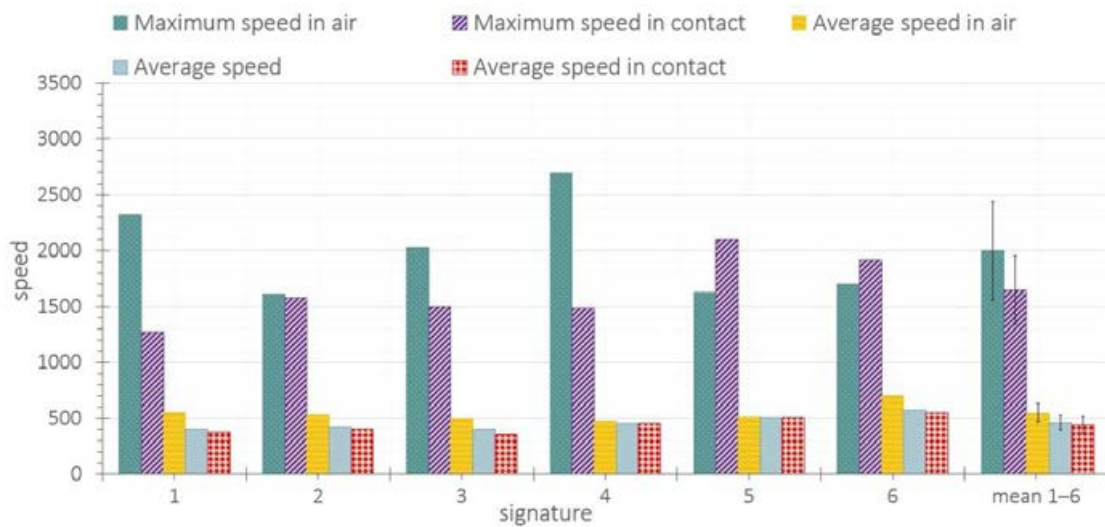


Fig. 15. Comparison of the speed for six signatures of one person and their mean values with standard deviation.

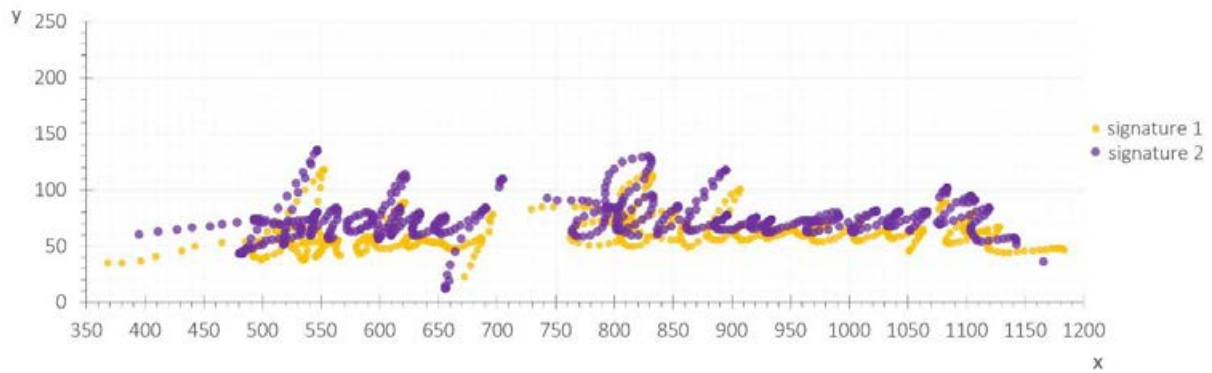
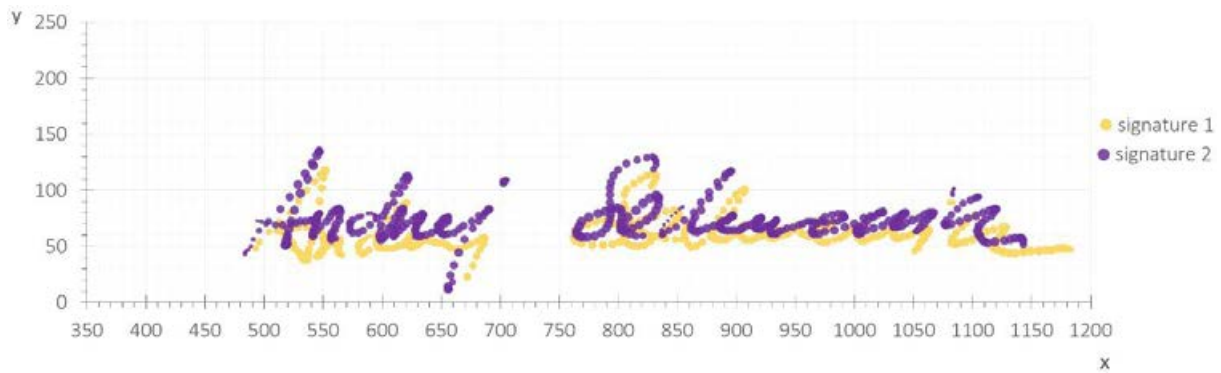


Fig. 16. Plot of all captured points for two signatures of one person.



Ryc. 17. Plot of all captured points in contact for two signatures of one person.

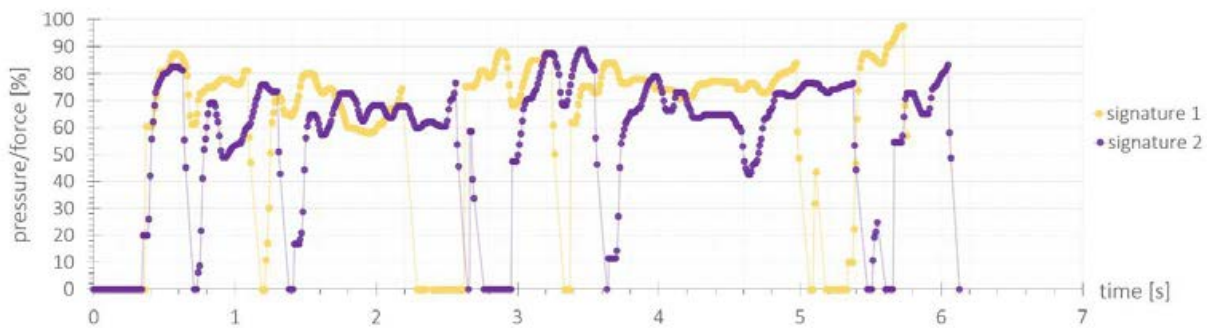


Fig. 18. Plot of pressure variation over time for two signatures of one person.

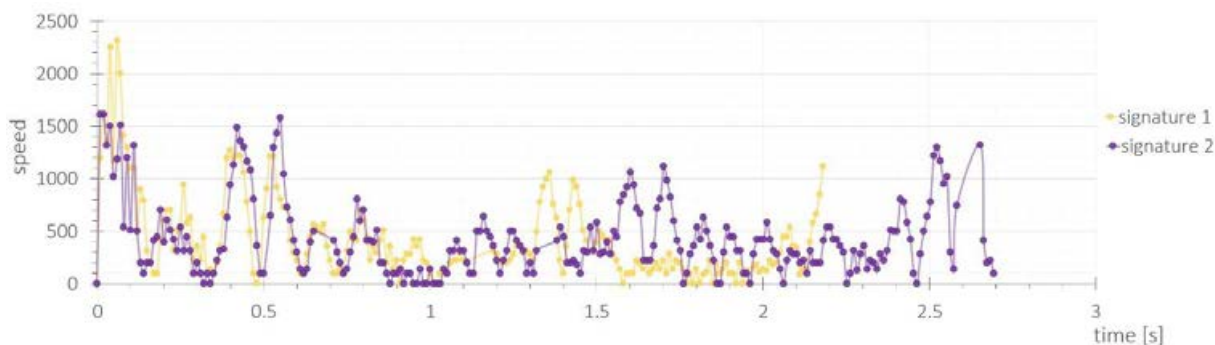


Fig. 19. Plot of instantaneous speed variation over time for corresponding fragments of two signatures of one person.

The above-mentioned differences in the way data are encoded in different types of *EPO* cards result in the fact that in cases where signatures from different types of cards have to be compared, some features may be mutually incompatible. For example:

- The time (duration) of movement out of range in signatures from the first type of cards is not equivalent relative to the same feature in signatures from type two and three cards, since in the latter no points in the air are captured. Thus, the time of movement out of range in signatures from type two and type three cards is equivalent to the sum of the time out of range and the time in the air in type one cards. In both cases, therefore, it is the difference between the total signing time and the time in contact.
- For the same reason, the length of the out-of-range line in signatures from type one cards is not equivalent to the same feature in signatures from type two and three cards. This feature should therefore not be compared among them.
- Due to the lack of standardised units of signature line length, it is not justified to compare this feature in absolute values between signatures from different card types. Such a comparison would only be possible once these values had been standardised, i.e., converted into a common unit (e.g. millimetres). In the case of non-standardised values, it is only possible to compare the proportions of different types of lines, e.g.: the ratio of the line length in contact to the line length in the air, the ratio of the line length of the surname to the line length of the first name, etc.
- For the same reason, it is not valid to compare absolute values of writing speed between signatures originating from different types of cards. However, it is possible to compare differences in the speed of writing of individual elements, e.g. by analysing graphs of writing speed or acceleration.

- Due to the fact that the pressure for signatures from type three cards is given in levels, a comparison of this feature with that of signatures from type one and two cards would require conversion of this unit into percentages. However, in order to do this, information would be needed on the number of levels of pressure recognised by the digitizer. Furthermore – as other studies have shown – a comparison of pressure levels captured by different digitizers (Heckerth, Kerkhoff, Weyermann, 2019; Kalantzis, 2020) is burdened by other limitations and requires extreme caution.

At this point, it should be noted that a significant portion of the aforementioned limitations encountered when comparing the features of signatures from different types of *EPO* cards could be avoided if information necessary to standardise the data – such as the number of dots per millimetre or the number of recognised pressure levels – was known. Ideally, this information should be stored in the metadata of the signature. It would also be advisable to store information on the model of the digitizer that has been used to record the signature, which would allow other parameters to be checked if necessary, such as the sensor technology (e.g. inductive, resistive, capacitive) or the maximum sampling frequency. In addition, it is advisable that as many *EPO* cards as possible should be authorised by devices using magnetic resonance/induction technology. For their advantage is the possibility of recording points in the air, which provide additional information, of great value for forensic handwriting examination.

Another recommendation arising from the research is the development of specialist software facilitating the analysis and comparison of the properties of electronic signatures. The available application serves only for simple visualisation of the signature and export of biometric data. Meanwhile, several commercial providers of products and services – in the field of biometric signing of electronic documents – offer

programs designated for forensic handwriting examiners that significantly automate and simplify their work with many useful functions. These enable, among other things, automatic data normalisation (standardisation), calculation of local and global features, creation of visualisations that take into account the pressure at a given point by varying the thickness and/or colour of lines or points, creation of graphs of the variation of the writing speed and pressure over time, simultaneous marking of a selected point on various types of graphs and visualisations and in a data table, as well as creating animations that reproduce the signing process in normal speed and in slow motion. Although it is possible to import biometric data of signatures captured in the *EPO* program into other applications, this requires their appropriate preparation. However, due to the above described specifics of data encoding and the different types of *EPO* cards, this is a highly time-consuming and error-prone process.

The last proposal is to move the active area designated for signing from the bottom to the top part of the graphic interface of the digitizer. In this way, the signatory would have support for their hand at the same level as the active area, which enables a natural signing position of the hand. It would also be advisable not to include the description "DATE OF RECEIPT" below the active area on the graphic interface of the portable device (cf. Fig. 1). This is because the date section fills part of the active area and may make it necessary for the signatory to modify certain measurable or topographical features of the signature (shrinking, narrowing) in order to fit it within the field. It should be mentioned that writing the date by the recipient on electronic confirmations in civil and criminal proceedings is not legally required (Order of the Minister of Justice of 10 January 2017 and 6 May 2020).

## Conclusions

The results of the analysis of DCS data recorded on 150 *EPO* cards allowed us to formulate the following conclusions:

- The four most significant parameters of writing movement are recorded on *EPO* cards: x and y coordinates, pressure and timestamp.
- On the basis of the above data it is possible to calculate three local features (i.e., describing a given signature point): the elapsed time between the recording of two consecutive points, the distance separating them and the instantaneous speed (speed of writing).
- On the basis of the local features, it is possible to calculate the global features (describing a given signature), the catalogue of which includes, among others, the time (duration) of writing (total, in contact, in the air, out of range), the signature line length (total, in contact, in the air, out of range), the pressure (mean, maximum), the mean or maximum speed of writing (for the whole signature, for the lines in contact, for the lines in the air) and the number of locations of pen lifts.
- Among the analysed *EPO* cards, three types were noted, which differed from each other in the way the biometric data were encoded. This fact causes some limitations regarding the possibility of comparing certain features of signatures originating from different cards, some of which can be neutralised by data standardisation.
- It is recommended that, within the metadata available on *EPO* cards, information should be provided enabling data normalisation to be carried out, including information on the model of the digitizer used to record the signature.
- It is proposed that the software used for the forensic examination of signatures captured in the *EPO* program should be enhanced with additional functions allowing for an easy and quick comparison of their most important biometric features.

To sum up: the biometric data in the *EPO* cards are captured in a way that allows the calculation and tracking of those of their features that are indicated in the literature as key for carrying out forensic examination. They are thus a valid means of authenticating confirmations of receipt, and their non-repudiation value is not inferior – from a technical point of view – to traditional signatures. It should be remembered, however, that the suitability of a handwriting sample for forensic examination is also determined by qualitative and quantitative criteria. These requirements, however, depend not on how the data is coded, but on the comprehensiveness of the sample and its degree of naturalness.

The number of confirmations of receipt authenticated in the *EPO* program reached almost two hundred million (*sic!*) in August 2020, and is expected to continue growing rapidly. With the program operating on such a large scale, it seems inevitable that cases of questioning of the signatures captured in it will occur. However, it is not just this circumstance that justifies the assessment of the usefulness of the recorded data for forensic handwriting examination. Commercial entities, striving to reduce costs, also increasingly often reach for this technology. Thus, when it is necessary to verify the authenticity of a DCS, e.g. on a bank

or telecommunications contract, the EPO program resources may constitute an abundant source of reference samples.

## References

- Dziedzic, T. (2020). Biometryczny podpis elektroniczny jako dodatkowe zabezpieczenie dokumentu. (In) M. Fałdowski (Ed.), *Bezpieczeństwo dokumentów publicznych* (pp. 175–190). Szczepno: WSPol.
- Flynn, W. (2012). Conducting a forensic examination of electronically captured signatures. *Journal of the American Society of Questioned Document Examiners*, 15(1), 3–10.
- Geistová Čakovská, B., Kalantzis, N., Dziedzic, T., Fernandes, C., Zimmer, J., João Branco, M., Heckerth, J., Axelsson Spjuth, K., Kupferschmid, E., Vaccarone, P., Kerkhoff, A. (2021). Recommendations for capturing signatures digitally to optimize their suitability for forensic handwriting examination. *Journal of Forensic Sciences*, 66, 743–747, <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14627>.
- Guest, R. M., Fairhurst, M. C., Linnell, T. (2009). Towards an inferred data accuracy assessment of forensic document examination methodologies for signatures. (In) *Proceedings of the 14th Conference of the International Graphonomics Society, Dijon, France* (pp. 14–17). Fontaine les Dijon: Imprimerie Vidonne.
- Harralson, H. (2013). *Developments in handwriting and signature identification in the digital age*. Waltham: Anderson Publishing.
- Heckerth, J., Boywitt, C. D. (2017). Examining authenticity: an initial exploration of the suitability of handwritten electronic signatures. *Forensic Science International*, 275, 144–154, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.02.019>.
- Heckerth, J., Kerkhoff, A., Weyermann, C. (2019). German BKA's Project "Esign" – how valid are pressure values. (In) *Proceedings of the 12th Conference of the European Network of Forensic Handwriting Experts*. Porto: ENFHEX.
- Heckerth, J., Kupferschmid, E., Dziedzic, T., Kalantzis, N., Geistová Čakovská, B., Fernandes, C., Branco, M. J., Spjuth, K. A., Kerkhoff, A., Vaccarone, P., Zimmer, J., Schmidt, P. (2021). Features of digitally captured signatures vs. pen and paper signatures: Similar or completely different? *Forensic Science International*, 318, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110587>.
- International Organization for Standardization ISO/IEC 19794-7:2014/AMD 1:2015. Biometric data interchange formats — Part 7: Signature/sign time series data (2014). Retrieved August 18, 2020 from <https://www.iso.org/standard/55938.html>.
- Kalantzis, N. (2020). The question of comparability of digitally captured signatures from the aspect of normalization and stability of used hardware/software solutions. (In) *78th Annual General Meeting of the American Society of Questioned Document Examiners (ASQDE)*.
- Linden, J., Marquis, R., Mazzella, W. (2016). Forensic analysis of digital dynamic signatures: new methods for data treatment and feature evaluation. *Journal of Forensic Sciences*, 62(2), 382–391, <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13288>.
- Linden, J., Marquis, R., Bozza, S., Taroni, F. (2018). Dynamic signatures: A review of dynamic feature variation and forensic methodology. *Forensic Science International*, 291, 216–229, <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2018.08.021>.
- Mohammed, L. (2019). *Forensic examination of signatures*. London: Academic Press.
- Nicolaides, K. A. (2012). Using acceleration plots in the forensic examination of electronically captured signatures. *Journal of the American Society of Questioned Document Examiners*, 15(2), 29–43.
- Ostrum, B., Tanaka, T. (2006). Another look at handwriting movement. *Journal of the American Society of Questioned Document Examiners*, 9(2), 57–69.
- Porównanie szybkości obiegu informacji o przesyłkach sądowych. Retrieved August 18, 2020 from <https://epo.bialystok.sa.gov.pl/>.
- Regulation (EU) No 910/2014 of the European Parliament and of the Council of 23 July 2014 on electronic identification and trust services for electronic transactions in the internal market and repealing Directive 1999/93/EC – Art. 25 (2014). Retrieved August 18, 2020 from <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/910/oj>.
- Rozporządzenie Ministra Sprawiedliwości z dnia 10 stycznia 2017 r. w sprawie szczegółowych zasad i trybu doręczania pism organów procesowych w postępowaniu karnym. *Dziennik Ustaw* z dnia 13 stycznia 2017 r., poz. 92.
- Rozporządzenie Ministra Sprawiedliwości z dnia 6 maja 2020 r. w sprawie szczegółowego trybu i sposobu doręczania pism sądowych w postępowaniu cywilnym. *Dziennik Ustaw* z dnia 7 maja 2020 r., poz. 819.
- Teulings, H. L., Maarse, F. J. (1984). Digital recording and processing of handwriting movements. *Human Movement Science*, 3, 193–217, [http://dx.doi.org/10.1016/0167-9457\(84\)90011-3](http://dx.doi.org/10.1016/0167-9457(84)90011-3).
- Wacom STU-530 datasheet (2017). Retrieved August 18, 2020 from <https://www.wacom.com/en-us/for-business/products/signature-pad-stu-530>.
- Will, E. (2012). Inferring relative speed of handwriting from the static trace. *Journal of Forensic Document Examination*, 22(1), 55–63.

---

### Corresponding author

Dr. Tomasz Dziedzic  
 Institute of Forensic Research  
 ul. Westerplatte 9  
 PL 31-033 Kraków  
 e-mail: [tdziedzic@ies.gov.pl](mailto:tdziedzic@ies.gov.pl)

---



# OCENA PRZYDATNOŚCI BIOMETRYCZNYCH PODPISÓW ZAREJESTROWANYCH W PROGRAMIE ELEKTRONICZNEGO POTWIERDZENIA ODBIORU (EPO) DO BADAŃ IDENTYFIKACYJNYCH

## Wstęp

W 2014 roku Ministerstwo Sprawiedliwości RP uruchomiło program Elektronicznego Potwierdzenia Odbioru (dalej jako EPO), którego głównym celem było usprawnienie systemu obsługi doręczeń dla podległych temu resortowi jednostek, takich jak sądy, prokuratury czy zakłady penitencjarne. Polega on na zastąpieniu tradycyjnego, papierowego potwierdzenia odbioru przesyłek sądowych dokumentem elektronicznym. W efekcie wprowadzonych zmian poprawiono skuteczność i obniżono koszty doręczeń oraz skrócono średni czas obiegu korespondencji z 18,4 dnia do 6,7 dnia (Porównanie szybkości obiegu informacji o przesyłkach sądowych, 2020).

Potwierdzenia odbioru podpisywane są za pomocą technologii biometrycznego podpisu elektronicznego (dalej jako BPE). Proces podpisywania różni się więc od rozwiązania tradycyjnego jedynie rodzajem zastosowanego medium – zamiast papieru i długopisu używane są urządzenia typu *signature pad* lub tablety i odpowiednie rysiki. W połączeniu ze specjalistycznym oprogramowaniem pozwalają one na próbkowanie ruchu pisarskiego i zapisywanie go w postaci ciągu danych, przy czym dla każdego punktu rejestrowana jest jego pozycja w układzie kartezjańskim (odpowiadająca pozycji rysika na powierzchni aktywnego pola urządzenia), czas oraz siła nacisku. Na rycinie 1 przedstawiono informacje, jakie wyświetlane są na ekranie urządzenia przenośnego (interfejs graficzny). Prostokąt u dołu ekranu to tzw. pole aktywne, na którym osoba odbierająca przesyłkę zobowiązana jest złożyć podpis.

Zarejestrowane dane są szyfrowane podczas transmisji, zapisywane i przechowywane w formie plików w języku XML (Ryc. 2). Pliki te, nazywane kartami EPO, zawierają: dane dotyczące przesyłki (numer ID, numer nadania oraz datę), obraz podpisu w postaci mapy bitowej zakodowanej w formacie Base64 (Ryc. 3), informacje dotyczące doręczenia oraz dane biometryczne podpisu.

To właśnie dane biometryczne odgrywają kluczową rolę w badaniach identyfikacyjnych BPE. Rodzaj i format rejestrowanych danych podpisu oraz towarzyszących im metadanych uregulowane zostały normą Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (*International Organization for Standardization ISO/IEC 19794-7:2014*). Liczni autorzy podkreślają, że dane biometryczne pozwalają nie tylko na wizualizowanie statycznego obrazu podpisu, ale przede wszystkim na odtworzenie dynamiki

kreślenia, a więc ruchu narzędzia pisarskiego w trzech wymiarach i w czasie (Teulings, Maarse, 1984; Flynn, 2012; Nicolaidis, 2012; Dziedzic, 2020; Geistová Čakovská i in., 2021). Co więcej, podczas gdy w badaniach rękopisów tradycyjnych (np. wykonanych długopisem na podłożu papierowym) ich cechy motoryczne można badać jedynie jakościowo, oceniając płynność linii graficznych, to dane BPE pozwalają na wyliczenie konkretnych wartości dotyczących czasu i tempa kreślenia oraz nacisku narzędzia pisarskiego na podłoże, zarówno dla całego podpisu, jak i dowolnych jego fragmentów (Ostrum, Tanaka, 2006; Guest, Fairhurst, Linnell, 2009; Will, 2012). W badaniach identyfikacyjnych wartości te stanowią podstawę do tworzenia różnego rodzaju wykresów (np. przedstawiających zmienność tempa kreślenia czy siły nacisku w funkcji czasu), które można porównywać pomiędzy materiałem dowodowym i porównawczym, a także do różnego rodzaju obliczeń statystycznych (Haralson, 2013; Linden, Marquis, Mazzella, 2016; Linden, Marquis, Bozza, Taroni, 2018; Mohammed, 2019). Ponadto w toku badań eksperymentalnych na dużej grupie osób nie zaobserwowano istotnych różnic w ich nawykach pisarskich podczas kreślenia podpisów na urządzeniach typu *signature pad* i na papierze (Heckeroth i in., 2021). W innych badaniach eksperci z zakresu badania pisma ręcznego, którym udostępniono dane biometryczne BPE, formułowali wnioski w kwestii ich autentyczności o zbliżonym stopniu prawdopodobieństwa do wniosków odnoszących się do autentyczności podpisów tradycyjnych (Heckeroth, Boywitt, 2018).

## Cel badań

System obsługi doręczeń odgrywa istotną rolę w funkcjonowaniu jednostek wymiaru sprawiedliwości. Od wiarygodności potwierdzeń odbioru zależy m.in. możliwość zgodnego z planem wykonywania czynności procesowych, terminowe odbywanie się rozpraw sądowych czy czas uprawomocnienia się orzeczeń. Sprawą wysokiej wagi jest zatem zapewnienie, aby elektroniczne potwierdzenia odbioru były uwierzytelniane w sposób skuteczny, tj. za pomocą podpisów mających walor niezaprzeczalności. To zaś zależy od możliwości poddania podpisu – w przypadku jego zakwestionowania – badaniom identyfikacyjnym, zmierzającym do potwierdzenia lub wykluczenia jego pochodzenia od konkretnej

osoby. W przypadku BPE możliwość przeprowadzenia stosownej analizy zależy m.in. od jakości dostarczonych danych.

Celem przeprowadzonych badań była ocena przydatności danych biometrycznych podpisów zarejestrowanych w systemie EPO do badań identyfikacyjnych poprzez analizę rodzaju zapisywanych danych oraz weryfikację możliwości obliczania na ich podstawie najważniejszych parametrów złożonych sygnatur.

## Metodyka

W badaniach wykorzystano dane biometryczne 150 podpisów opatrzonych datami z zakresu od września 2014 roku do października 2018 roku. Każdy punkt podpisu zarejestrowanego w systemie EPO opisany jest za pomocą czterech następujących danych (Ryc. 4):

- współrzędna  $x_n$  – położenie rysika na aktywnym polu urządzenia w osi poziomej;
- współrzędna  $y_n$  – położenie rysika na aktywnym polu urządzenia w osi pionowej;
- siła nacisku ( $F_n$ ) – siła, z jaką rysik oddziaływał na podłoże w danym punkcie.

Urządzenia rejestrujące charakteryzuje zwykle określona liczba rozróżnianych poziomów nacisku, będąca potęgą liczby 2 (np. 256 czy 4096). W większości badanych kart EPO nacisk zapisywany jest jednak jako wartość procentowa z zakresu od 0 (gdy nie jest wykrywany) do 100 (gdy jego siła osiąga maksimum skali).

- *timestamp* ( $T_n$ ) – znacznik czasu zarejestrowania punktu.

Korzystając z powyższych danych wyjściowych, obliczono następujące trzy właściwości poszczególnych punktów (dalej określane jako cechy szczególne):

- $\Delta T_n$  czas, jaki upłynął pomiędzy zarejestrowaniem dwóch kolejnych punktów, obliczany według wzoru 1. Wynik odejmowania *timestamp* obu punktów jest dzielony przez tysiąc w celu zamiany jednostki z milisekund na sekundy.

$$(wzór 1) \Delta T_n = \frac{T_n - T_{n-1}}{1000} \text{ [s]}$$

W przypadku gdy  $\Delta T_n$  przybiera powtarzającą się wartość lub jej całkowitą wielokrotność (np. wiersz 8 w tabeli 2) w całym zakresie danych podpisu, można interpretować ją jako czas, po upływie którego rejestrowane są kolejne punkty podpisu i na jego podstawie wyznaczyć częstotliwość próbkowania według wzoru 2.

$$(wzór 2) f = \frac{1}{\Delta T_n} \text{ [Hz]}$$

- $D_{P_{n-1}/P_n}$  – odległość euklidesowa pomiędzy dwoma kolejnymi punktami, obliczana według wzoru 3.

(wzór 3)

$$D_{P_{n-1}/P_n} = \sqrt{(x_{n-1} - x_n)^2 + (y_{n-1} - y_n)^2}$$

Obliczona wartość jest przedstawiana w jednostkach długości wprowadzonych przez dany układ współrzędnych. Ich zamiana na jednostki układu SI (np. milimetry) wymagałaby przeprowadzenia skalowania, jednak dla potrzeb niniejszych badań nie było to konieczne. W związku z tym w dalszej części niniejszego opracowania długość linii i szybkość chwilowa, która jest obliczana z wykorzystaniem długości, pozbawione są jednostek.

- $S_n$  – szybkość chwilowa w danym punkcie, obliczana według wzoru 4 jako iloraz czasu, jaki upłynął pomiędzy zarejestrowaniem dwóch kolejnych punktów, oraz odległości między nimi.

$$(wzór 4) S_n = \frac{D_{P_{n-1}/P_n}}{\Delta T_n}$$

Ze względu na wartości cech szczególnych dane podpisu można podzielić na następujące kategorie (Tabela 1):

- punkt w kontakcie – zarejestrowany w czasie, gdy rysik pozostawał w kontakcie z obszarem aktywnym. Punkt taki opisany jest wartościami współrzędnych  $x_n$  i  $y_n$ , dodatnią wartością nacisku oraz niezerową wartością  $\Delta T_n$ . Wizualizacja punktów w kontakcie zbliżona jest do obrazu bitmapy zawartej w karcie EPO;
- punkt w powietrzu – zarejestrowany w czasie, gdy rysik nie pozostawał w kontakcie z obszarem aktywnym lub siła nacisku nie przekraczała granicy wykrywalności przez dane urządzenie. Punkt taki ma znane wartości współrzędnych  $x_n$  i  $y_n$ , zerową siłę nacisku oraz niezerową wartość  $\Delta T_n$ .
- ruch poza zasięgiem – trajektoria ruchu rysika, dla której wartości współrzędnych  $x_n$  i  $y_n$  nie zostały zarejestrowane w związku z ograniczeniami technicznymi. Taka luka w danych występuje w przypadku uniesienia rysika na odległość większą niż kilka-kilkanaście milimetrów ponad pole aktywne (tj. poza zasięg pola elektromagnetycznego, gdy urządzenie wspiera rejestrowanie punktów w powietrzu; *Wacom STU-530 datasheet*, 2017) lub w przypadku oderwania rysika od pola aktywnego (gdy urządzenie pozbawione jest tej funkcjonalności). Choć siła nacisku i *timestamp* dla ruchu poza zasięgiem również nie są rejestrowane, to jednak ta pierwsza wartość niewątpliwie wynosi zero, a druga równa jest czasowi próbkowania. Miejsca takie można zidentyfikować, odnajdując punkty, dla których  $\Delta T_n$  jest całkowitą wielokrotnością czasu próbkowania, lub lokalizując artefakty. Znany jest zatem czas, w jakim dane nie były rejestrowane, natomiast trajektoria ruchu rysika w tym czasie pozostaje nieznana. Wartość  $D_{P_{n-1}/P_n}$ , będąca w tym przypadku linią prostą łączącą ostatni zarejestrowany punkt przed powstaniem luki z pierwszym zapisanym punktem po ponownym wejściu rysika w zasięg pola

elektromagnetycznego lub przyłożeniu go do podłoża, nie odzwierciedla bowiem rzeczywistej trajektorii ruchu;

- artefakt – dodatkowy punkt zapisany w miejscu oderwania rysika od pola aktywnego w przypadku urządzeń niewspierających rejestrowania punktów w powietrzu. Artefakt charakteryzuje się takimi samymi wartościami współrzędnych  $x_n$  i  $y_n$  oraz takim samym *timestamp* jak poprzedzający go punkt „w kontakcie”, a także zerowym naciskiem.

Cechy szczególne pozwalają na obliczenie lub wyznaczenie szeregu cech opisujących cały podpis (dalej określane jako cechy ogólne), takich jak:

- długość linii w kontakcie, długość linii w powietrzu – suma długości linii łączących punkty danej kategorii,
- długość linii poza zasięgiem – suma długości linii prostych łączących punkty zarejestrowane bezpośrednio przed ruchem poza zasięgiem oraz bezpośrednio po nim (należy podkreślić, że proste te nie odzwierciedlają rzeczywistej trajektorii ruchu poza zasięgiem),
- całkowita długość linii podpisu – suma długości linii łączących wszystkie zarejestrowane punkty podpisu (z wyjątkiem linii łączących punkty znajdujące się bezpośrednio przed i po ruchu poza zasięgiem),
- czas w kontakcie – suma  $\Delta T_n$  dla punktów w kontakcie,
- czas w powietrzu –  $\Delta T_n$  dla punktów w powietrzu,
- czas ruchu poza zasięgiem – suma  $\Delta T_n$  dla punktów zarejestrowanych bezpośrednio przed ruchem poza zasięgiem oraz bezpośrednio po nim,
- całkowity czas kreślenia podpisu – różnica wartości *timestamp* w ostatnim i w pierwszym punkcie podpisu,
- nacisk maksymalny – maksymalna zarejestrowana wartość siły nacisku,
- nacisk średni – średnia arytmetyczna zarejestrowanych wartości nacisku dla punktów w kontakcie,
- szybkość maksymalna w kontakcie, szybkość maksymalna w powietrzu – maksymalna wartość szybkości chwilowej obliczona dla danej kategorii punktów,
- szybkość średnia w powietrzu, szybkość średnia w kontakcie – średnia szybkość kreślenia obliczona na podstawie odpowiednio długości linii w powietrzu lub w kontakcie podzielonych przez czas w powietrzu lub w kontakcie,
- szybkość średnia – średnia szybkość kreślenia obliczona na podstawie całkowitej długości linii podpisu oraz sumy czasów kreślenia w kontakcie i w powietrzu,
- liczba oderwań rysika od podłoża – liczba miejsc, w których punkt w powietrzu następuje bezpośrednio po punkcie w kontakcie lub w których  $\Delta T_n$  jest całkowitą wielokrotnością czasu próbkowania.

## Wyniki i dyskusja

W wyniku przeprowadzonych badań wyróżniono trzy typy kart EPO różniące się sposobem kodowania danych biometrycznych. Poniżej scharakteryzowano każdy z tych typów, biorąc pod uwagę specyfikę badań identyfikacyjnych podpisów zakodowanych w każdym z nich.

Karty EPO typu pierwszego charakteryzują się najwyższą jakością danych z punktu widzenia badań identyfikacyjnych. Co istotne, typ ten zawiera informacje dotyczące punktów w powietrzu, a częstotliwość próbkowania jest stała i wynosi 100 Hz, co oznacza, że kolejne punkty zapisywane są w regularnych odstępach co 0,01 s (Tabela 2). *Timestamp* zakodowany jest jako czas uniksowy (tj. w postaci trzynastocyfrowej liczby wyrażającej, ile milisekund upłynęło od początku roku 1970 r. do czasu rejestracji danego punktu).

W tabeli 3 przedstawiono wyniki obliczeń cech ogólnych uzyskane na podstawie cech szczególnych dla przykładowego podpisu zakodowanego w karcie EPO typu pierwszego, a także jego wizualizację utworzoną na podstawie wartości współrzędnych  $x$  i  $y$  (Ryc. 5) oraz wykresy zmienności współrzędnej  $y$ , nacisku i szybkości chwilowej (tempa kreślenia) w czasie (Ryc. 6–8). Ponadto na podstawie zebranych danych przygotowano animację przedstawiającą proces kreślenia podpisu, której stopklatki zaprezentowano na rycinie 9.

Drugi typ kart EPO różni się od pierwszego tym, że nie są w nim zarejestrowane dane punktów „w powietrzu”. W momencie oderwania rysika od podłoża dodawany jest natomiast artefakt (Tabela 4, wiersz 8). Ponadto wartości  $\Delta T_n$  są tu nieregularne, co oznacza, że nie jest możliwe jednoznaczne ustalenie częstotliwości próbkowania (Ryc. 10).

Karty EPO typu trzeciego wyróżniają się z kolei tym, że wartości na osi  $y$  są liczbami ujemnymi, a nacisk nie jest wyrażony w procentach, lecz w jednostkach, które można interpretować jako poziomy nacisku rozpoznawane przez urządzenie. Ponadto *timestamp* nie jest tu zakodowany jako czas uniksowy, ale odnosi się do czasu rzeczywistego, w którym zarejestrowano podpis. Częstotliwość próbkowania jest stała i wynosi 200 Hz (co oznacza, że kolejne punkty zapisywane są w regularnych odstępach czasu – co 0,005 s). Również w tym przypadku nie są rejestrowane punkty w powietrzu, ale w miejscach oderwania rysika nie odnotowano artefaktów. Mimo to zidentyfikowanie tych miejsc jest możliwe poprzez zlokalizowanie  $\Delta T_n$  będących całkowitą wielokrotnością częstotliwości próbkowania (Tabela 5, wiersz 15).

W tabeli 6 zaprezentowano zestawienie różnic w sposobie kodowania danych podpisów w scharakteryzowanych wyżej trzech typach kart EPO.

Na podstawie danych znajdujących się w kartach EPO oraz obliczonych na ich podstawie cech szczególnych i ogólnych możliwe jest sporządzenie tabel i wykresów

prezentujących w sposób zbiorczy wybrane cechy wielu podpisów. Dzięki takim narzędziom możliwe jest np. porównanie tych cech w kwestionowanym podpisie i wzorach referencyjnych, jak również prześledzenie zakresu ich zmienności w materiale dowodowym lub porównawczym. Na rycinach przedstawiono przykładowe wykresy zbiorcze dla czasu kreślenia (Ryc. 11), długości linii (Ryc. 12), wartości siły nacisku (Ryc. 13), liczby oderwań rysika od podłoża (Ryc. 14), tempa kreślenia (Ryc. 15), współrzędnych  $x$  i  $y$  dla wszystkich punktów (Ryc. 16) i punktów w kontakcie (Ryc. 17), a także wykresy zmian nacisku (Ryc. 18) i tempa kreślenia w czasie (Ryc. 19), dotyczące podpisów jednej osoby.

Wyżej wymienione różnice dotyczące sposobu kodowania danych w różnych typach kart EPO skutkują tym, że w przypadku konieczności zestawienia podpisów pochodzących z różnego typu kart niektóre cechy mogą być wzajemnie nieadekwatne. Przykładowo:

- Czas ruchu poza zasięgiem w podpisach z kart typu pierwszego nie jest adekwatny względem tej samej cechy w podpisach z kart typu drugiego i trzeciego, ponieważ w tych ostatnich nie są rejestrowane punkty w powietrzu. Tym samym czas ruchu poza zasięgiem w podpisie z kart typu drugiego i trzeciego jest adekwatny względem sumy czasu poza zasięgiem oraz czasu w powietrzu w kartach typu pierwszego. W obu przypadkach jest to zatem różnica całkowitego czasu kreślenia i czasu w kontakcie.
- Z tej samej przyczyny długość linii poza zasięgiem w podpisach z kart typu pierwszego nie jest adekwatna względem tej samej cechy w podpisach z kart typu drugiego i trzeciego. Cecha ta nie powinna być więc porównywana pomiędzy nimi.
- Ze względu na brak znormalizowanych jednostek długości linii podpisu nie jest zasadne porównywanie tej cechy w wartościach bezwzględnych między podpisami pochodzącymi z różnych typów kart. Porównanie takie możliwe byłoby dopiero po znormalizowaniu tych wartości, tj. po przeliczeniu ich na wspólną jednostkę (np. na milimetry). W przypadku wartości nieznormalizowanych można jedynie porównywać proporcje różnego rodzaju linii, np.: stosunek długości linii w kontakcie i w powietrzu, stosunek długości linii zapisu nazwiska do zapisu imienia itp.
- Z tego samego powodu nie jest zasadne porównywanie bezwzględnych wartości tempa kreślenia pomiędzy podpisami pochodzącymi z różnych typów kart. Można natomiast porównywać różnice w tempie kreślenia poszczególnych elementów, np. poprzez analizę wykresów tempa kreślenia lub przyspieszenia.
- Ze względu na to, iż siła nacisku dla podpisów z kart typu trzeciego podawana jest w poziomach, porównanie tej cechy z podpisami z kart typu pierwszego i drugiego wymagałoby przeliczenia tej jednostki na procenty. Do tego jednak konieczna jest informacja

na temat liczby poziomów nacisku rozpoznawanych przez urządzenie rejestrujące. Ponadto – jak wynika z innych badań – porównywanie poziomów nacisku zarejestrowanych przez różne urządzenia (Heckerroth, Kerkhoff, Weyermann, 2019; Kalantzis, 2020) obciążone jest innymi ograniczeniami i wymaga zachowania szczególnej ostrożności.

W tym miejscu należy zauważyć, że znacznej części wymienionych wyżej ograniczeń napotykanych podczas porównywania cech podpisów z różnych typów kart EPO można byłoby uniknąć, gdyby znane były informacje niezbędne do znormalizowania danych, takie jak liczba punktów na milimetr czy liczba rozpoznawanych poziomów nacisku. Najlepiej, gdyby informacje te zapisywane były w metadanych podpisu. Celowe byłoby również zapisywanie w nich modelu urządzenia, za pomocą którego podpis został zarejestrowany, co w razie potrzeby pozwoliłoby na sprawdzenie innych jego parametrów, takich jak technologia czujnika (np. indukcyjny, opornościowy, pojemnościowy) czy maksymalna częstotliwość próbkowania. Ponadto wskazane jest, aby jak największa liczba kart EPO autoryzowana była za pomocą urządzeń działających w technologii indukcyjnej/rezonansu magnetycznego. Ich przewagą jest bowiem możliwość rejestrowania punktów w powietrzu, które dostarczają dodatkowych informacji, cennych z punktu widzenia badań identyfikacyjnych.

Kolejnym postulatem sformułowanym na podstawie przeprowadzonych badań jest opracowanie specjalistycznego oprogramowania ułatwiającego analizę i porównywanie właściwości podpisów elektronicznych. Dostępna aplikacja służy jedynie do prostego wizualizowania podpisu i eksportowania danych biometrycznych. Tymczasem szereg funkcjonujących na rynku dostawców produktów i usług z zakresu biometrycznego podpisywania dokumentów elektronicznych oferuje przeznaczone dla biegłych pismoznawców programy, które w znaczący sposób automatyzują i upraszczają badania identyfikacyjne za pomocą szeregu przydatnych funkcji. Umożliwiają one m.in. automatyczną normalizację danych, obliczanie cech szczególnych i ogólnych, tworzenie wizualizacji uwzględniających siłę nacisku w danym punkcie poprzez zróżnicowanie grubości i/lub koloru linii bądź punktów, tworzenie wykresów zmienności tempa kreślenia i siły nacisku w czasie, jednoczesne zaznaczanie wybranego punktu na różnego rodzaju wykresach i wizualizacjach oraz w tabeli danych, a także tworzenie animacji odtwarzających proces kreślenia podpisu w tempie rzeczywistym i zwolnionym. Wprawdzie możliwe jest importowanie danych biometrycznych podpisów zarejestrowanych w programie EPO do innych aplikacji, ale wymaga to odpowiedniego ich przygotowania. Ze względu na opisaną wyżej specyfikę kodowania danych oraz różne typy kart EPO jest to jednak proces wysoce czasochłonny i obciążony ryzykiem popełnienia błędu.

Ostatnią propozycją jest przesunięcie obszaru aktywnego przeznaczonego na nakreślenie podpisu z dolnej do górnej części interfejsu graficznego urządzenia rejestrującego. W ten sposób osoba składająca podpis będzie miała zapewnione podparcie dla dłoni znajdujące się na tym samym poziomie co obszar aktywny, co stanowi okoliczność sprzyjającą naturalności kreślenia. Celową byłaby również rezygnacja z umieszczania na interfejsie graficznym urządzenia przenośnego opisu „DATA ODBIORU” pod polem aktywnym (por. ryc. 1). Zapis daty wypełnia bowiem część obszaru aktywnego i może powodować konieczność modyfikacji przez wykonawcę niektórych cech mierzalnych lub topograficznych podpisu (zmniejszanie, ścieśnianie) w celu zmieszczenia go w obrębie pola. Należy nadmienić, że wpisywanie daty przez odbiorcę na potwierdzeniach elektronicznych w postępowaniu cywilnym i karnym nie jest prawnie wymagane (Rozporządzenie Ministra Sprawiedliwości z dnia 10 stycznia 2017 r. i 6 maja 2020 r.).

## Wnioski

Wyniki analizy danych BPE zapisanych na 150 kartach EPO pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- Na kartach EPO rejestrowane są cztery najistotniejsze parametry ruchu pisarskiego: współrzędne x i y, siła nacisku oraz znacznik czasu (*timestamp*).
- Na podstawie powyższych danych możliwe jest wyliczenie trzech cech szczególnych (tj. opisujących dany punkt podpisu): czasu, jaki upłynął pomiędzy zarejestrowaniem dwóch kolejnych punktów, dzielącą je odległość oraz szybkość chwilową (tempo kreślenia).
- Na podstawie cech szczególnych możliwe jest wyliczenie cech ogólnych (opisujących dany podpis), których katalog obejmuje m.in. czas kreślenia (całkowity, w kontakcie, w powietrzu, poza zasięgiem), długość linii podpisu (całkowitą, w kontakcie, w powietrzu, poza zasięgiem), siłę nacisku (średnią, maksymalną), średnie lub maksymalne tempo kreślenia (dla całego podpisu, dla linii w kontakcie, dla linii w powietrzu) oraz liczbę miejsc oderwania rysika od pola aktywnego.
- W obrębie analizowanych kart EPO odnotowano ich trzy typy różniące się sposobem kodowania danych biometrycznych. Fakt ten powoduje pewne ograniczenia dotyczące możliwości porównywania niektórych cech podpisów pochodzących z różnych kart, z których część może być zneutralizowana poprzez normalizację danych.
- Postuluje się, aby w obrębie dostępnych na kartach EPO metadanych znalazły się informacje umożliwiające przeprowadzenie normalizacji danych, w tym

wskazanie modelu urządzenia, za pomocą którego zarejestrowano podpis.

- Proponuje się, aby oprogramowanie służące do analizy identyfikacyjnej podpisów zarejestrowanych w programie EPO zostało wzbogacone o dodatkowe funkcje pozwalające na łatwe i szybkie porównywanie ich najważniejszych cech biometrycznych.

Podsumowując: dane biometryczne w kartach EPO rejestrowane są w sposób pozwalający na obliczenie i przesłanie tych ich cech, które w literaturze przedmiotu wskazywane są jako kluczowe dla przeprowadzenia analizy identyfikacyjnej. Tym samym stanowią one właściwy sposób uwierzytelniania potwierdzeń odbioru, a ich walor niezaprzeczalności nie ustępuje – z technicznego punktu widzenia – podpisom tradycyjnym. Należy jednak pamiętać, że przydatność rękopisu do badań identyfikacyjnych determinowana jest także przez wymogi jakościowe i ilościowe w rozumieniu pismoznawczym. Te jednak zależą już nie od sposobu rejestrowania danych, ale od obszerności rękopisu i stopnia naturalności jego kreślenia przez wykonawcę.

Liczba potwierdzeń odbioru uwierzytelnionych w programie EPO kształtowała się w sierpniu 2020 roku na poziomie niemal dwustu milionów (*sic!*) i notowany jest jej dalszy, szybki przyrost. Przy tak dużej skali jego funkcjonowania nieuniknione wydaje się wystąpienie przypadków kwestionowania autentyczności zarejestrowanych podpisów. Jednak nie tylko ta okoliczność uzasadnia ocenę przydatności do badań identyfikacyjnych rejestrowanych danych. Także bowiem podmioty komercyjne, dążąc do redukcji kosztów, coraz częściej sięgają po tę technologię. Kiedy więc zajdzie konieczność zwerifikowania autentyczności podpisu elektronicznego, np. na umowie bankowej lub telekomunikacyjnej, zasoby programu EPO mogą stanowić obfite źródło adekwatnego materiału porównawczego.