

Biometryczne podpisy elektroniczne jako nowy przedmiot badań pismoznawczych

Anna Przewor^{1*}, Łukasz Kocielnik¹

¹ Centralne Laboratorium Kryminalistyczne Policji

* autor korespondencyjny: anna.przewor@policja.gov.pl

Streszczenie

Analizy elektronicznych podpisów biometrycznych są innowacją w ramach badań kryminalistycznych. Celem opisanych w artykule badań było ustalenie, czy możliwe jest kateryczne potwierdzenie lub wykluczenie zarówno autentyczności, jak i wykonawstwa własnoręcznych biometrycznych podpisów elektronicznych. Kilkuletnie badania różnego typu podpisów elektronicznych pozwoliły na kateryczne opiniowanie w tej dziedzinie. Artykuł definiuje i określa zakres terminologiczny pojęcia biometrycznego podpisu elektronicznego w ramach szeroko rozumianych podpisów elektronicznych. Analiza podpisów biometrycznych oparta została na metodzie graficzno-porównawczej wykorzystywanej powszechnie w tradycyjnym modelu analizy pismoznawczej. Jedyną zmianą polegała na rozszerzeniu zespołu cech motorycznych o cechy biometryczne, które okazały się niezbędne do katerycznego opiniowania w tym zakresie. Opisane w materiale wyniki badań pozwalają na badania ilościowe w ramach analizy rękopisów umożliwiające kateryczne opiniowanie. Biometryczne cechy pisma określane w całości za pomocą danych liczbowych powinny przyczynić się do wyeliminowania ewentualnej stronniczości biegłego.

Słowa kluczowe: biometria, podpis, kryminalistyka, opinia, metoda graficzno-porównawcza

Wstęp

Analiza podpisów stanowi jedną z najtrudniejszych dziedzin ekspertyzy pismoznawczej. Ocena cech wyznaczonych w podpisie nie jest łatwa, a interpretacja zgodności i różnic zaobserwowanych między materiałem dowodowym a materiałem porównawczym zawiera w sobie margines subiektywizmu biegłego.

Elektroniczne podpisy biometryczne, będące przedmiotem niniejszego artykułu, w całości określane są za pomocą liczb, co pomaga wyeliminować element subiektywizmu w ich ocenie przez biegłego. Przegląd najnowszych technologii IT przeznaczonych dla firm i instytucji funkcjonujących między innymi w obrębie usług pocztowych, kurierskich, bankowych, ubezpieczeniowych i telekomunikacyjnych wskazuje na rosnącą popularność elektronicznych podpisów biometrycznych, przedstawianych jako przyszłość lub wręcz niezbędny element nowoczesnych organizacji.

Definicja biometrii i określenie celu jej wykorzystywania

Termin biometria pochodzi od greckich słów *bios* – życie oraz *metron* – pomiar. Pierwotnie był on rozumiany jako pomiar właściwości żywych istot bez wskazania celu i sposobu wykonania pomiaru. Współcześnie w literaturze przedmiotu podkreśla się, że celem zastosowania biometrii jest automatyczne uwierzytelnienie tożsamości, które można podzielić na dwie kategorie:

- potwierdzenie (weryfikacja) tożsamości;
- ustalenie (identyfikacja) tożsamości (Marucha-Jaworska, 2015, s. 169).

Weryfikacja lub identyfikacja tożsamości odbywa się na podstawie jej cech fizjologicznych lub behawioralnych, zwanych biometrykami. Biometryki fizjologiczne niosą informację związaną z cechami fizycznymi. Mają one charakter statyczny i są możliwe do zmierzenia (odczytania) w każdej chwili. Do kategorii biometryk fizjologicznych należą: obraz twarzy, odciski palców, geometria dłoni, obraz tęczówki oraz siatkówki oka, DNA, kształt ucha, zapach, wzór naczyń krwionośnych w palcu i dłoni, połysk skóry. Natomiast istotą cech behawioralnych stanowi sposób, w jaki dana czynność jest wykonywana. Mają one charakter dynamiczny i trwają w pewnym okresie, który potrzebny jest do ich zmierzenia lub zaobserwowania. Cechy behawioralne mogą być nabyte lub wyuczone, mogą też być uwarunkowane genetycznie. Do kategorii biometryk behawioralnych należą: sposób wykonywania podpisu własnoręcznego, tempo pisania, sposób pisania na klawiaturze, ruch myszką, głos, ruch ust, sposób chodzenia, sposób reakcji mózgu (Czajka, Pacut, 2004). Wymienione biometryki fizjologiczne i behawioralne można wykorzystać w automatycznej identyfikacji i weryfikacji osób, jednakże obecnie w praktyce pod uwagę bierze się: linie papilarne, układ naczyń krwionośnych palca, dłoni lub nadgarstka, geometrię dłoni i twarzy, tęczówkę oka, podpis własnoręczny oraz sposób jego wykonania.

Terminologia w zakresie pojęcia podpisu elektronicznego

Definicja i wyznaczenie zakresu terminologicznego pojęcia biometrycznego podpisu elektronicznego wymaga wyjaśnienia jego miejsca w ogólnej strukturze podpisów elektronicznych.

Przepisy prawa nie regulują formy podpisu elektronicznego, co wpływa na różnorodność wykorzystywanych usług elektronicznych. W dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 1999/93/WE z dnia 13 grudnia 1999 r. w sprawie wspólnotowych ram w zakresie podpisów elektronicznych¹ podpis elektroniczny zdefiniowano jako: „dane w formie elektronicznej dodane do innych danych elektronicznych lub logicznie z nimi powiązane i służące jako metoda uwierzytelniania”. Dodatkowo wprowadzono także termin „zaawansowanego podpisu elektronicznego”, który spełnia wymogi prawne w odniesieniu do danych elektronicznych w taki sam sposób jak podpis odręczny w odniesieniu do danych znajdujących się na papierze.

W Polsce postanowienia wymienionej dyrektywy zostały wdrożone ustawą z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym². Ustawa wprowadziła do polskiego prawa kwalifikowany podpis elektroniczny, który mimo zapowiedzi nie odniósł wielkiego sukcesu.

Jest on stosowany głównie w strukturach administracji publicznej i samorządowej, rzadko przez indywidualne podmioty. Natomiast odręczny podpis biometryczny znalazł zastosowanie w życiu codziennym i jest używany chociażby do potwierdzenia odbioru przesyłki czy zawarcia umowy telekomunikacyjnej. Wdrożyły je niewielkie firmy i podmioty indywidualne. W związku z zastosowaniem odręcznego podpisu biometrycznego warto podkreślić, że obecnie w Polsce obowiązuje ustawa z dnia 5 września 2016 r. o usługach zaufania oraz identyfikacji elektronicznej³ oraz rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lipca 2014 r. w sprawie identyfikacji elektronicznej i usług zaufania⁴. Przepisy te pozwoliły na wdrożenie i uwierzytelnienie dokumentów cyfrowych z wykorzystaniem obu rozwiązań, tj. zabezpieczenia kryptograficznego oraz biometrycznego. W odniesieniu do stosowanych zabezpieczeń powszechnie dowolnie definiuje się „podpis cyfrowy”/„podpis elektroniczny”.

Kryptograficzny podpis cyfrowy (kwalifikowany podpis elektroniczny) jest obiektem badań biegłych z zakresu informatyki. Jego zastosowanie wymaga korzystania z certyfikatu wystawionego przez kwalifikowany urząd certyfikacji oraz klucza prywatnego przechowywanego na karcie kryptograficznej. Kwalifikowany podpis elektroniczny prawnie jest równoważny z podpisem własnoręcznym, jednak powstaje bez użycia ręki podpisującego.

Biometryczny podpis elektroniczny w literaturze, a zwłaszcza w zasobach internetowych, określany jest również jako: „podpis biometryczny”, „odręczny podpis elektroniczny”, „odręczny podpis biometryczny”. Idea tego podpisu oparta jest na zasadzie indywidualności pisma ręcznego.

Podpis biometryczny to podpis odręcznie składany na przeznaczonym do tego urządzeniu, najczęściej tablecie, z zastosowaniem specjalnego rysika. Podpis taki nie ma linii graficznej jak w podpisie tradycyjnym, ale zbudowany jest z setek punktów zapisywanych w maksymalnie krótkich odstępach czasowych. Każdemu punktowi przyporządkowana jest wartość czasu, nacisku oraz usytuowanie w układzie współrzędnych x , y . Zaletą uwierzytelnienia dokumentu za pomocą podpisu biometrycznego jest jego odręczna forma, wzbogacona o cechy graficzne oraz zapisywane podczas kreślenia nieoczywiste cechy biometryczne. Ponadto taki dokument zabezpieczony jest m.in. technologią RSA z kluczem prywatnym (algorytm Rivesta–Shamira–Adlemana). Podpis ten jest nierozzerwalnie wpisany w dokument cyfrowy, a każda ingerencja w jego strukturę powoduje brak możliwości odszyfrowania.

Badania cech podpisów biometrycznych

Własności biometrycznego podpisu elektronicznego pozwalają na poddawanie ich badaniom metodą graficzno-porównawczą wykorzystywaną w tradycyjnym modelu analizy pismoznawczej. Jednakże z uwagi na większy zasób cech podpisów biometrycznych wskazaną metodę można rozszerzyć o analizę dodatkowych właściwości, które istotnie zwiększają możliwości badawcze.

W klasycznym ujęciu metoda graficzno-porównawcza bazuje na analizie cech graficznych sklasyfikowanych w zespole cech syntetycznych, topograficznych, motorycznych, mierzalnych i konstrukcyjnych. Stwierdzone podobieństwa i różnice pomiędzy porównywanymi materiałami są w każdym wypadku rozpatrywane indywidualnie z uwzględnieniem wartości badawczych poszczególnych cech.

Ze względu na zakres analizowanych cech biometrycznych zasadne jest zwrócenie uwagi na zespół cech motorycznych, do których w przypadku klasycznych badań zaliczamy tempo (szybkość) pisania, określane:

- w sposób bezwzględny: małe, średnie, duże;
- w ramach próbki pisma (stałe, zmienne);
- względem normy osobniczej (zwolnione, naturalne i przyspieszone).

Tempo kreślenia jest przejawem motoryczności najbardziej czułym na zmiany – zarówno świadome, zmierzające do zamaskowania cech własnego grafizmu, jak i wynikające z rozwoju osobniczego jednostki. W zespole cech motorycznych porównuje się także impuls pisma określany jako częstotliwości oderwania narzędzia pisarskiego od podłoża, naciskowość oraz

¹ Dz. Urz. L 13 z 19.01.2000, s. 12–20.

² Dz. U. z 2001 r. Nr 130, poz. 1450, z późn. zm.

³ Dz. U. 2016, poz. 1579, z późn. zm.

⁴ Dz. Urz. L 257 z 28.08.2014, s. 73–114.

związane z nią cieniowanie linii graficznej (co w świetle poruszonej w artykule tematyki wydaje się bardzo istotne). Szczegółowa analiza pozwala ocenić:

- kierunek nacisku, który może być wstępujący, zstępujący, skierowany w prawą stronę lub w lewą stronę;
- siłę nacisku jako małą, średnią lub dużą;
- równomierność nacisku – stałą lub zmienną, rytmiczną lub nierytmiczną;
- miejsca wzmożonego nacisku, np. wyznaczone w elementach górnych znaków.

Warto przypomnieć, że już W. Wójcik zwracał szczególną uwagę na rozpoczęcie i zakończenie kreślenia linii. Twierdził, iż sposób zetknięcia się grotu narzędzia pisarskiego z podłożem oraz jego oderwanie od podłoża nie jest jednakowe u dwóch osób. Zwykle różnią się one siłą nacisku ręki oraz kierunkiem zetknięcia narzędzia kreślarskiego z podłożem (Wójcik, 1971, s. 56). Na szczególną wartość omawianej cechy wskazał również Z. Czeczot, wyodrębniając naciskowość pisma jako oddzielną grupę umiejscowioną na pograniczu cech pomiarowych i opisowych (Czeczot, 1971, s. 116). W zespole cech motorycznych wyróżniane jest także następstwo elementów graficznych, czyli sposób, w jaki kształtuje się kolejność kreacji elementów w obrębie znaków (liter bądź cyfr) oraz w obrębie sekwencji znaków. Należy pamiętać o odróżnieniu pojęć następstwa ruchu od następstwa znaków, nie są to bowiem pojęcia tożsame. Zjawisko następstwa ruchu, zwane również chronologią ruchu ręki, odnosi się głównie do znaków diakrytycznych oraz uzupełniających i dotyczy nawykowo uwarunkowanej kolejności ich kreślenia. Pozwala na odtworzenie ruchów ręki, wykonywanych w trakcie czynności pisania. Natomiast następstwo znaków jest to stosowanie jednego z wariantów lub odmian znaków w zależności od umiejscowienia w wyrazie bądź usytuowania w sąsiedztwie konkretnej litery.

W badaniach podpisów biometrycznych zespół cech motorycznych został wzbogacony o wymierne zapisy biometrii rozszerzające możliwości badawcze, a zawężające obszar możliwego subiektywizmu biegłego. Liczbowo wyrażone dane biometryczne pozwalają także na zastosowanie wyliczeń statystycznych, w tym średnich wartości nacisku jednego bądź grupy podpisów, średniej prędkości kreślenia, wyznaczenie wartości maksymalnej i minimalnej nacisku w poszczególnych fragmentach podpisów.

Podpis biometryczny jako przedmiot badań identyfikacyjnych

W związku z brakiem jednoznacznego zdefiniowania formy podpisu elektronicznego stał się on przedmiotem badań w postępowaniach karnych. Do policyjnych laboratoriów kryminalistycznych zaczęto kierować coraz więcej zapytań dotyczących realizacji badań, w których przedmiotem są tego typu podpisy. Stało się

to przyczynkiem do podjęcia w Centralnym Laboratorium Kryminalistycznym Policji badań nad podpisem biometrycznym w zakresie oceny jego wartości badawczej w badaniach identyfikacyjnych. W trakcie konferencji międzynarodowych, w których udział brali eksperci CLKP, wielokrotnie prezentowane były wyniki badań ekspertów z zakresu własnoręcznego podpisu elektronicznego. Jednak nigdzie nie było doniesień naukowych na temat możliwości opiniowania w zakresie podpisów biometrycznych. Dlatego też analizy prowadzone w CLKP miały na celu znalezienie odpowiedzi na następujące pytania:

- Czy można potwierdzić jednorodność wykonawczą podpisów złożonych na podłożu papierowym i elektronicznych podpisów biometrycznych?
- Czy istnieje możliwość naśladowania podpisów z zachowaniem podobieństwa cech biometrycznych i graficznych?
- Czy uda się dokonać fałszerstwa „doskonałego”?
- Jaką metodę badawczą należy zastosować i jaki typ materiału porównawczego zgromadzić w celu opiniowania elektronicznych podpisów biometrycznych?
- Jakie możliwości wnioskowania przyniesie analiza podpisów elektronicznych z warstwą biometryczną?

W tym miejscu należy zasygnalizować fakt, iż w powszechnym użyciu są urządzenia do składania podpisów, które nie zapisują ich warstwy biometrycznej. W tym wypadku ewentualnie zakwestionowany podpis jest dostarczany do badań w formie wydruku obrazu podpisu, który ze względu na jego ograniczenia badawcze nie stanowi przedmiotu analiz w badaniach identyfikacyjnych. Natomiast gdy mamy do czynienia z urządzeniem zapisującym również dane biometryczne złożonego na nim podpisu, możliwości badawcze są zupełnie inne.

Podczas składania podpisu na urządzeniu elektronicznym najważniejszym elementem jest wymóg, aby cały proces odzwierciedlał przebieg tradycyjnego pisania. Nie jest to kwestia samej aplikacji, ale także jakości urządzenia, na którym składany jest podpis. Obecnie producenci oferują urządzenia coraz lepszej jakości. Na polskim i światowym rynku pojawiło się także wiele urządzeń zaprojektowanych bezpośrednio do składania i zapisywania podpisów biometrycznych. Coraz więcej podmiotów sięga po właśnie takie urządzenia, co uznać należy za pozytywną tendencję. Ponadto warto zaznaczyć, że podpis biometryczny jest na stałe przypisany do konkretnego dokumentu, a każda zmiana lub ingerencja w dokument jest zapisywana lub powoduje jego odrzucenie podpisu jako nieważnego.

Z punktu widzenia biegłego z zakresu badań rękopisów za najlepsze urządzenia oraz aplikacje stosowane do uwierzytelniania dokumentów podpisem biometrycznym uważa się te, które rejestrują jednocześnie:

- obraz graficzny podpisu,
- czas składania podpisu i jego elementów,

- nacisk rysika na ekran tabletu,
- usytuowanie punktów budujących podpis względem osi x , y ,
- adiustacje, czyli ruchy rysika nad tabletem.

Forma i zakres badań podjętych w CLKP

W przeprowadzonych w CLKP ponad dwuletnich badaniach materiał badawczy stanowiły podpisy biometryczne pobrane od osób z różnym wykształceniem, w różnym wieku, w różnym czasookresie. Analizom poddano tysiąc pięćset podpisów elektronicznych z warstwą biometryczną o zróżnicowanej konstrukcji, od form najprostszych do czytelnych. Do badań wykorzystano tablet z rysikiem, który umożliwia zapis danych biometrycznych. Podczas badań używano ogólnie dostępnej aplikacji do podpisywania dokumentów cyfrowych, a także oprogramowania stosowanego w jednym z podmiotów branży pocztowej. Tablet, którego użyto podczas badań, ma specjalne czujniki na ekranie, pokryty jest gęstą siatką punktów czułych na zmianę napięcia elektromagnetycznego wywieranego przez rysik. Zawiera też sensory osi x i y , które oddziałują na układ rezonansowy znajdujący się w rysiku. Technologia elektromagnetyczna zastosowana w tablecie rozpoznaje nawet 4096 poziomów nacisku, co w konsekwencji pozwala na uzyskanie bardzo precyzyjnych pomiarów⁵.

W trakcie prowadzonych w CLKP badań podjęto próby sfalszowania autentycznych podpisów za pomocą naśladownictwa wyuczonego, wzrokowego oraz kopiowania przez kartkę, z użyciem wyżej wymienionego tabletu.

Należy nadmienić, że analizowane aplikacje umożliwiają zapisanie podpisów złożonych na cyfrowym dokumencie PDF lub bezpośrednio w innym pliku, np. XML. Podpis składany jest odręcznie, jednak nie jak dotychczas na podłożu papierowym, lecz na ekranie tabletu z warstwą biometryczną. Narzędzie pisarskie charakteryzuje analogiczny do długopisu kształt. Jedyną zmianą polega na końcówce rysika, która w tym przypadku umożliwia wykorzystanie technologii elektromagnetycznej. W efekcie podczas sygnowania dokumentu na tablecie oprócz samego obrazu podpisu zapisywane są dane biometryczne, które stanowią podstawę opiniowania w zakresie własnoręcznych podpisów elektronicznych. Po przeprowadzonych badaniach wyodrębniono zespół cech biometrycznych, który stanowi rozwinięcie dotychczas wykorzystywanych cech motorycznych.

⁵ *Samsung Galaxy Tab S3 – test tabletu z rysikiem. Tak wyglądałby iPad Pro z Androidem*, <https://www.tabletmaniak.pl/232878/samsung-galaxy-tab-s3-test/> (dostęp 15.04.2020); *Tajemnica rysika Samsunga Galaxy Note*, <https://www.tabletowo.pl/tajemnica-rysika-samsunga-galaxy-note/> (dostęp 15.04.2020).

Ocena wartości badawczej biometrycznego podpisu elektronicznego

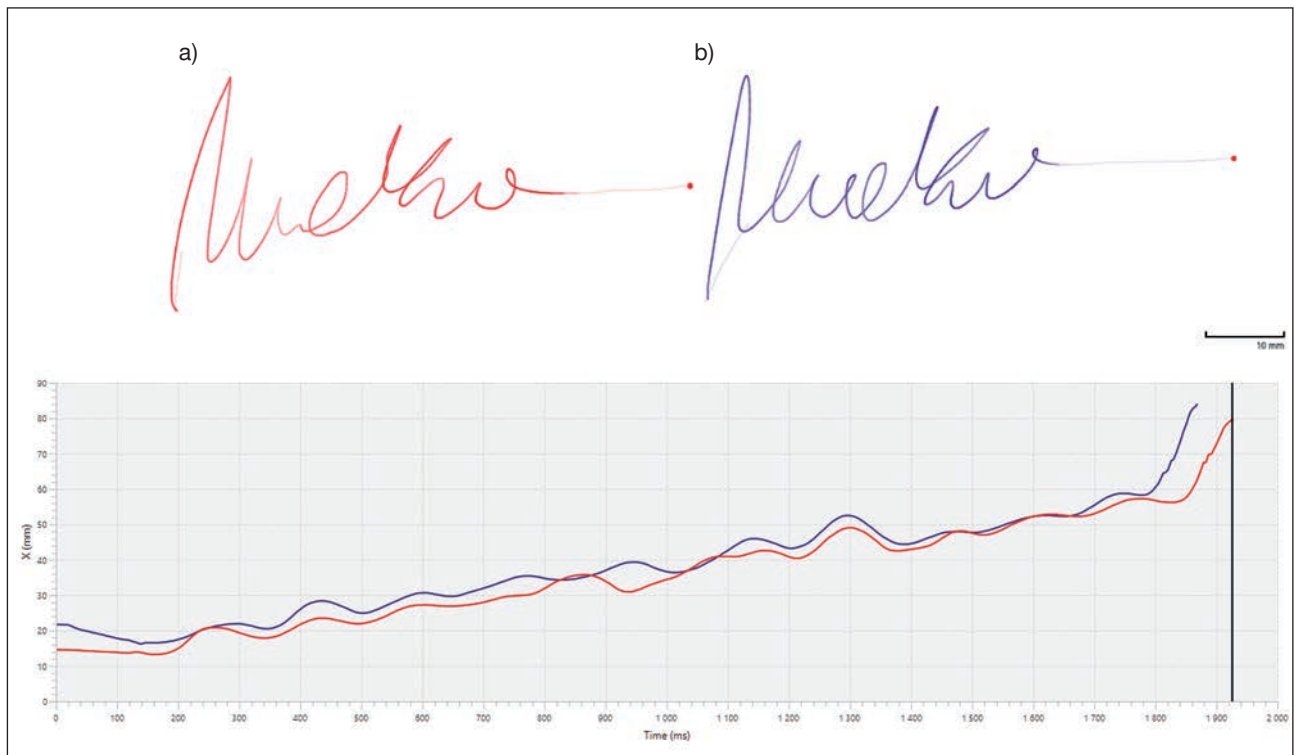
Analizę możliwości badawczych podpisu biometrycznego należy rozpocząć od parametru, z którym związane są pozostałe, a mianowicie położenia poszczególnych punktów podpisu względem osi x i y . Jak wskazano wcześniej, podpis biometryczny powstaje przez tzw. punktowanie. Zapis tych gęsto położonych, a następnie połączonych punktów stanowi obraz podpisu biometrycznego. Można zatem uznać, że analizowana cecha to obraz podpisu, zapisana w formie liczbowej. Do analizy położenia punktów wykorzystano zarówno aplikację przeznaczoną do podpisów biometrycznych, jak i tradycyjny arkusz kalkulacyjny Excel. Arkusz kalkulacyjny umożliwił przedstawienie podpisu w układzie współrzędnych z osią x i y na różne sposoby. Natomiast sama aplikacja pozwoliła zobrazować usytuowanie punktu na osi x lub y względem czasu, tworząc na wykresie powtarzalne linie.

Na rycinach 1–3 zaprezentowano obraz podpisów autentycznych badanych w aplikacji do analizy biometrii oraz w arkuszu kalkulacyjnym Excel.

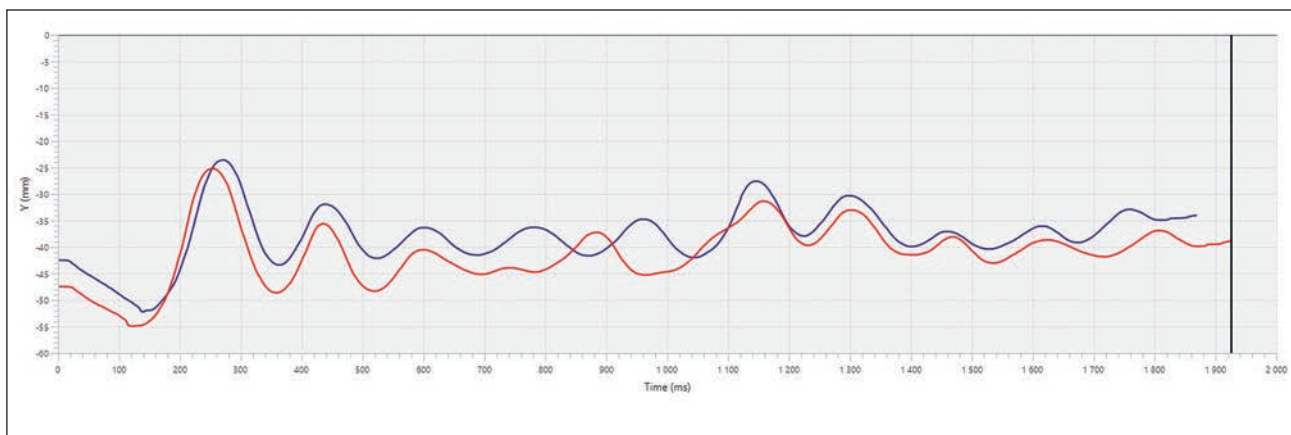
Określenie położenia poszczególnych punktów podpisu w układzie współrzędnych x , y pozwala ponadto na ustalenie kierunku oraz kolejności kreślenia poszczególnych znaków oraz ich elementów. Na rycinie 4 zaprezentowano podpis w formie wykresu z widocznymi punktami usytuowanymi w układzie współrzędnych x , y . Rycina 5 przedstawia z kolei wyznaczoną na tej podstawie kolejność kreślenia elementów podpisu.

Możliwość analizy czasu realizacji podpisu biometrycznego, jego poszczególnych części i znaków stanowi bardzo istotny element badań. W tradycyjnym modelu analizy pismoznawczej określa się względnie, czy podpis powstał w tempie stałym czy zmiennym, małym, średnim czy dużym, zwolnionym, naturalnym czy przyspieszonym (Koziczak, 1997, s. 41). Niezwykle istotny jest fakt, iż proces składania podpisu na tablecie jest rejestrowany. Przebieg powstania badanego podpisu można odtworzyć jak w zapisie wideo, dzięki czemu możliwe jest przeanalizowanie tempa kreślenia składowych podpisu, widoczne są momenty zastanowienia czy zawahania podczas jego kreślenia. Istotnym parametrem jest czas upływający pomiędzy przyłożeniami rysika do ekranu tabletu, np. pomiędzy kreśleniem poszczególnych członów podpisu, kolejnych znaków lub gram. W podpisach naśladowanych jest on zwiększony w stosunku do podpisów autentycznych. Wynika to z faktu, iż fałszerz skupia się jedynie na jak najlepszym graficznym odzwierciedleniu obrazu podpisu, nie zwracając uwagi na czas, jaki upłynął.

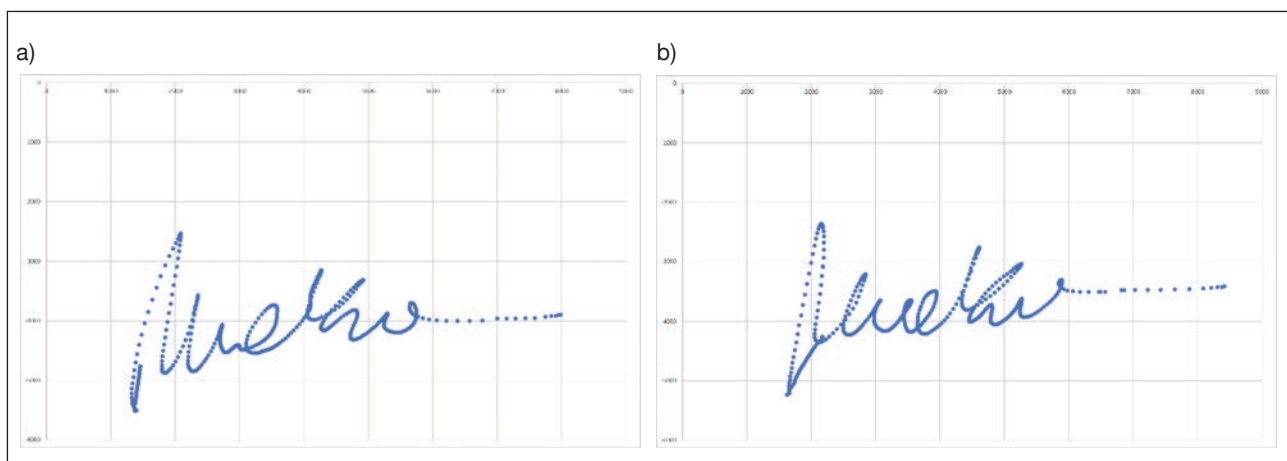
Na rycinie 6 zaprezentowano podpis autentyczny i naśladowany z widoczną różnicą czasową ich wykonania. Różnica dotyczy także odstępu czasowego między kreśleniem podpisu oraz widocznej grammy uzupełniającej.



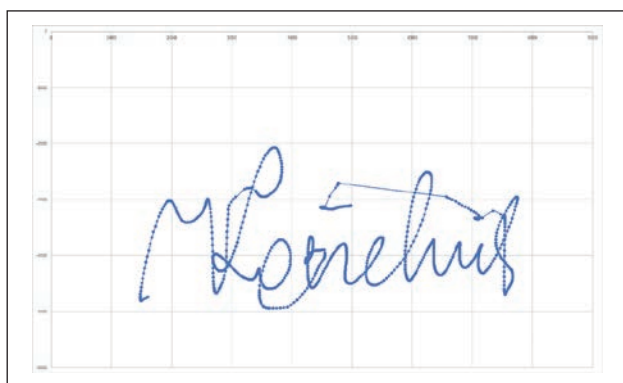
Ryc. 1. Wykres zapisu współrzędnych x względem czasu.



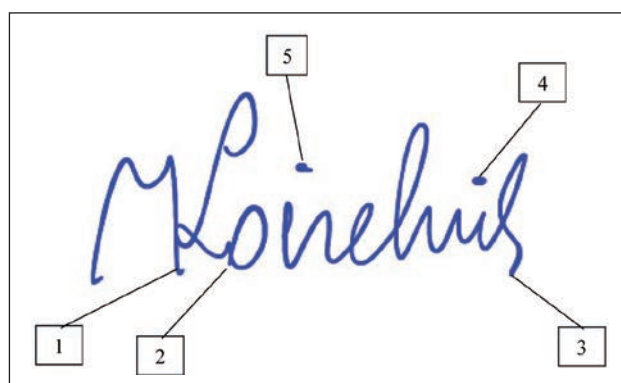
Ryc. 2. Wykres zapisu współrzędnych y względem czasu.



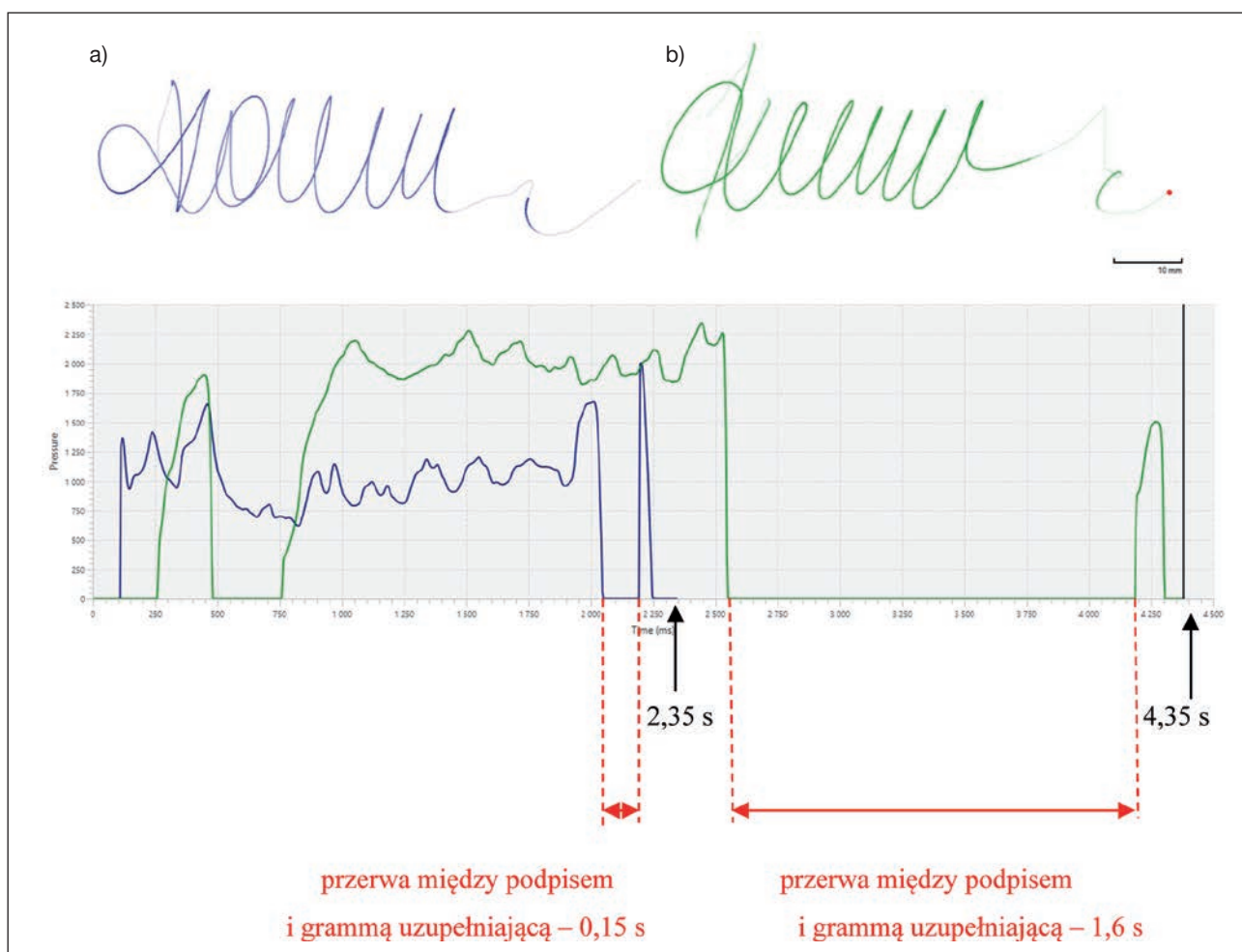
Ryc. 3. Wykres podpisów autentycznych w układzie współrzędnych.



Ryc. 4. Wykres podpisu w układzie współrzędnych x, y .



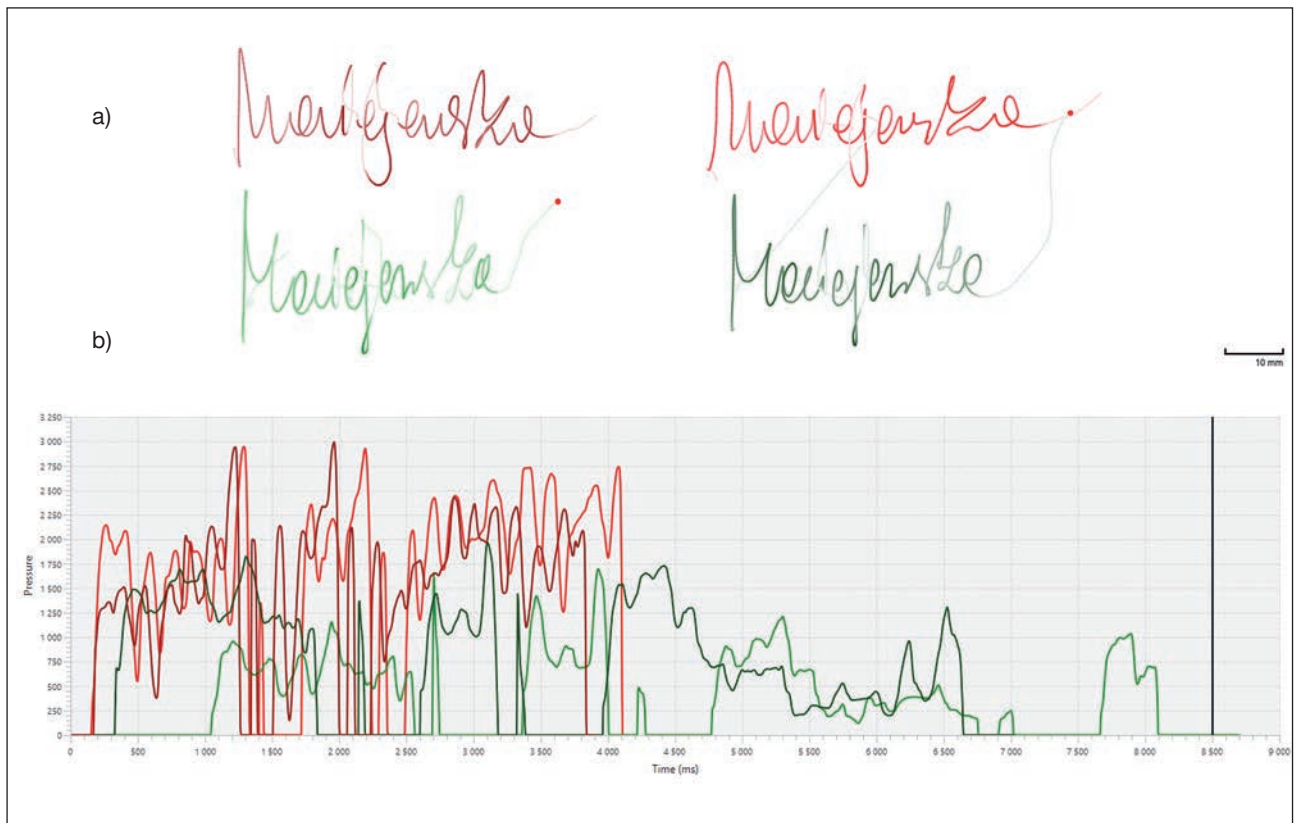
Ryc. 5. Podpis z ustaloną kolejnością kreślenia jego elementów.



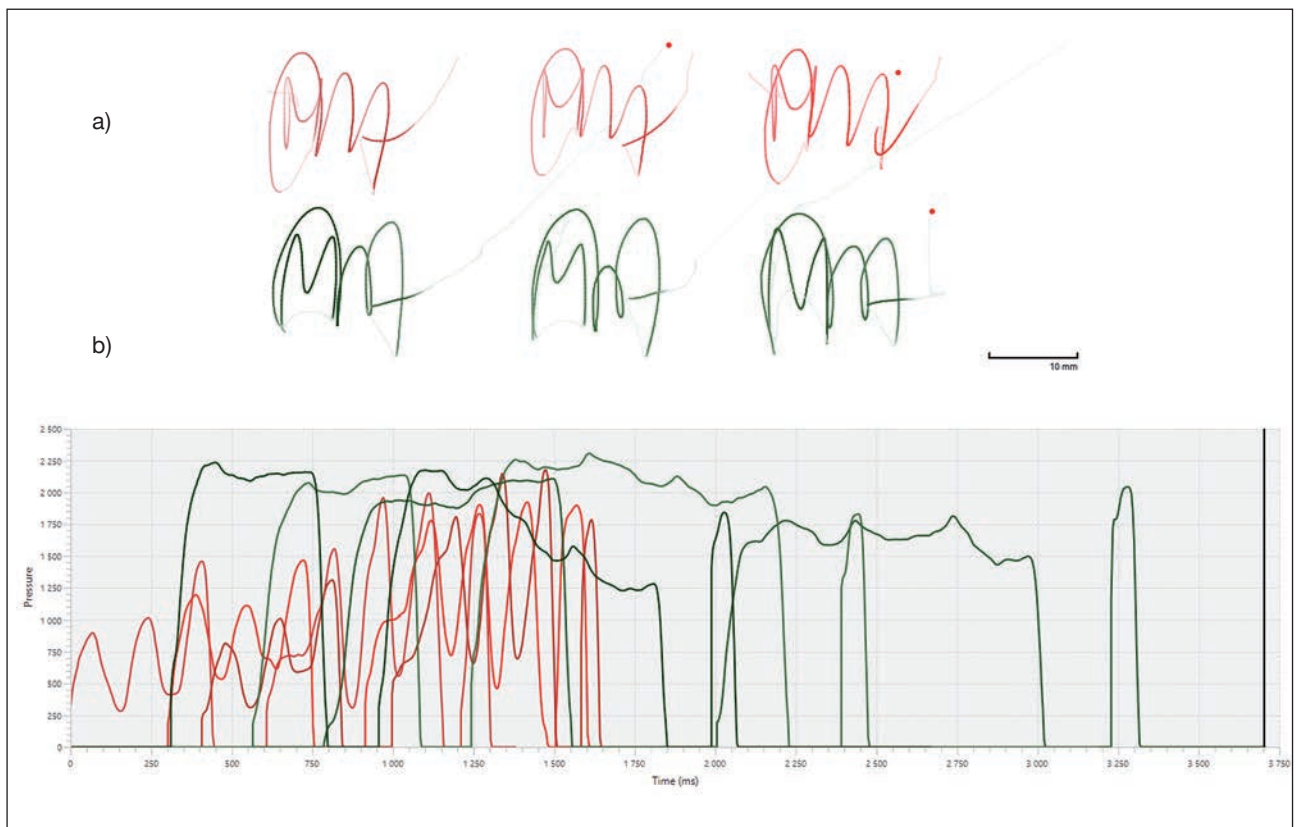
Ryc. 6. Czas realizacji podpisów: (a) podpis autentyczny, (b) podpis naśladowany.

Kolejną cechą zapisywaną podczas składania podpisu biometrycznego jest nacisk. W metodzie graficzno-porównawczej wykorzystywanej do analizy rękopisów złożonych na podłożu papierowym, pomimo iż żadnej z cech nie przypisuje się rangi wyjątkowej, to niewątpliwie do takich należeć może właśnie nacisk. Nacisk na podłożu papierowym oceniany jest na podstawie głębokości bruzd i reliefów pozostawionych przez narzędzie pisarskie, a także

stopnia wysycenia środka pisarskiego, np. pasty długopisowej na podłożu. Niemniej jednak często ocena, w którym miejscu nacisk ten jest największy, a gdzie najmniejszy, bywa utrudniona. W odniesieniu do podpisów biometrycznych natomiast ocena tego parametru poprzez formę jego zapisu jest jednoznaczna. Analiza porównawcza nacisku w podpisach biometrycznych pozwoliła na stwierdzenie, iż jest to wysoce zindywidualizowana cecha charakteryzująca podpis



Ryc. 7. Nacisk podpisów autentycznych (a) i naśladowanych (b).



Ryc. 8. Nacisk podpisów autentycznych (a) i naśladowanych (b).



Ryc. 9. Podpisy autentyczne.



Ryc. 10. Podpisy naśladowane.

każdej osoby. Analiza nacisku podpisów biometrycznych pozwala na stwierdzenie i odniesienie się do naturalności ich kreślenia. W przypadku podpisów autentycznych i zautomatyzowanych nacisk ten jest płynny i jednocześnie różnorodny, a w przypadku podpisów naśladowanych – niepowtarzalny, nieregularny i mało zróżnicowany.

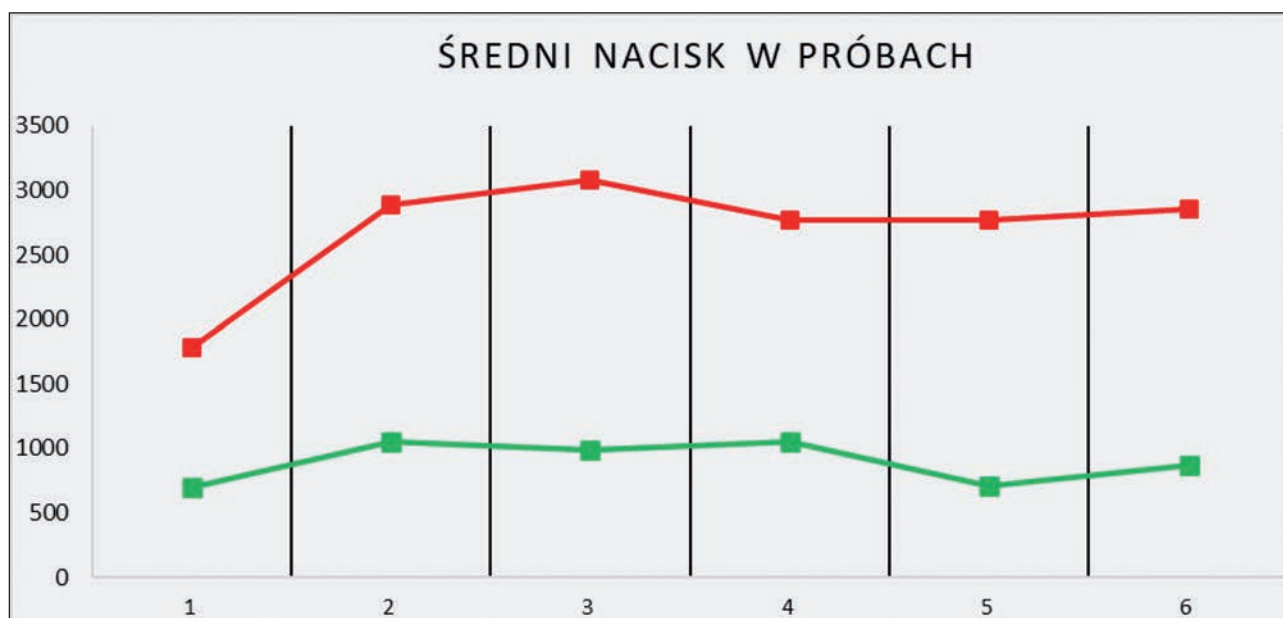
Na rycinach 7–8 zaprezentowano wykresy nacisku dla podpisów autentycznych i naśladowanych.

Istnieje możliwość obliczenia średniego nacisku poszczególnych podpisów danej osoby lub średniej nacisku kilku podpisów na podstawie metod statystycznych. Na rycinach 9–11 zaprezentowano podpisy autentyczne, naśladowane oraz wykres przedstawiający średnie nacisku dla podpisów autentycznych i naśladowanych. W analizowanym przypadku podpisy naśladowane charakteryzują się zdecydowanie zmniejszonym naciskiem względem podpisów autentycznych.

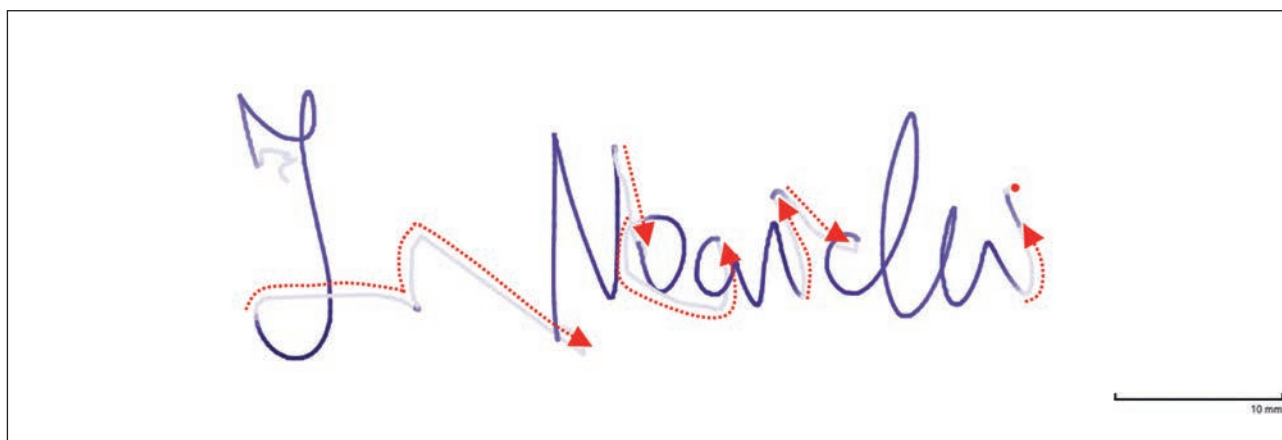
Kolejnym rejestrowanym parametrem podpisu biometrycznego są adiustacje, czyli wszystkie ruchy

odbywające się nad powierzchnią tabletu⁶. Ich analiza wykazała, iż każda z osób składająca podpis biometryczny wykonuje powtarzalne i swoiste ruchy nad ekranem tabletu. Oczywiście dotyczy to także tradycyjnego pisania na papierze, jednak dopiero podpis biometryczny pozwala na ich zapis i zobrazowanie. Adiustacje w podpisie biometrycznym nie stanowią zasadniczej linii graficznej podpisu i nie są widoczne na podpisanym dokumencie. Dopiero podczas analizy podpisu w arkuszu kalkulacyjnym lub przeznaczonej do tego aplikacji możliwe jest ich wydobycie i ocena. Podpis biometryczny wzbogacony o linie wykonywane nad tabletem tworzy jednoimpulsową kompozycję graficzną, która może stanowić przedmiot badań biegłego.

⁶ Mianem adiustacji w tradycyjnym modelu analizy pisma ręcznego nazywano element graficzny stanowiący przedłużenie na podłożu poprzedniego ruchu ręki w powietrzu przed rozpoczęciem zasadniczej czynności pisanie albo przygotowanie do ruchu ręki w powietrzu przy odrywaniu jej od podłoża (Koziczak, Owoc, 2007).



Ryc. 11. Wartość nacisku dla podpisu autentycznego (kolor czerwony) i naśladowanego (kolor zielony).



Ryc. 12. Podpis autentyczny z zaznaczonymi adiustacjami.

Atutem rejestracji tego parametru jest nieświadomość osoby składającej podpis co do możliwości jego zapisu. Osoba dokonująca próby naśladownictwa skupia się na jak najlepszym odzwierciedleniu obrazu podpisu, a nie na kontrolowaniu ruchów rysika nad tabletem. W przypadku podpisów sfalszowanych adiustacje mają nieregularny i nienaturalny kształt, często z charakterystycznym tremorem.

Na rycinach 12–13 zaprezentowano przykładowe podpisy autentyczne i naśladowane z zaznaczonymi adiustacjami.

Uwagi końcowe

Wyniki przeprowadzonych badań oraz dogłębna analiza i interpretacja cech stanowiących o wartości badawczej podpisów biometrycznych pozwoliły

zakwalifikować je jako przedmioty badań identyfikacyjnych pisma ręcznego. W CLKP wydane zostały pierwsze opinie kryminalistyczne, w których przedmiotem badań były podpisy biometryczne. Co istotne, w opiniach sformułowano kategorię wniosków końcowe. Przeprowadzenie badań możliwe było jednak dzięki ścisłej współpracy organów zlecających ekspertyzę z biegłymi z zakresu klasycznych badań dokumentów CLKP. Do zadań organów zlecających badania należało odpowiednie zabezpieczenie materiału dowodowego oraz zebranie materiału porównawczego nakreślonego na podłożu papierowym. Biegli CLKP pobrali biometryczny materiał porównawczy w siedzibie instytutu. Co szczególnie istotne, materiał biometryczny w każdym przypadku został złożony na analogicznym do materiału dowodowego



Ryc. 13. Podpisy naśladowane z zaznaczonymi adiustacjami.

urządzeniu i aplikacji. Problematyka przedmiotowych opinii z uwagi na ich wartość badawczą zostanie przedstawiona w kolejnych publikacjach dotyczących podpisów biometrycznych, co wynika z ich skomplikowania, już na etapie zabezpieczania materiału dowodowego i zbierania materiału porównawczego.

Podsumowanie

Możliwości badawcze podpisu biometrycznego pozwalają zminimalizować subiektywną ocenę cech dokonywaną przez biegłego w badaniach identyfikacyjnych pisma ręcznego. Jak wykazały przeprowadzone w CLKP badania, ten rodzaj podpisu może stanowić pełnowartościowy przedmiot badań pismoznawczych, z możliwością sformułowania wniosków kategorycznych z przeprowadzonych analiz. Wydaje się, że upowszechnienie się urządzeń i aplikacji zapisujących tę formę podpisu elektronicznego będzie stanowić o kierunku rozwoju klasycznych badań dokumentów.

Źródło rycin: autorzy

Bibliografia

1. Czajka, A., Pacut, A. (2004). Biometria podpisu odręcznego. W: P. Zajac, S. Kwaśniewski (red.), *Automatyczna identyfikacja w systemach logistycznych*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
2. Czeczot, Z. (1971). *Badania identyfikacyjne pisma ręcznego*. Warszawa: Wydawnictwo Zakładu Kryminalistyki KG MO.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 1999/93/WE z dnia 13 grudnia 1999 r. w sprawie wspólnotowych ram w zakresie podpisów elektronicznych, Dz. Urz. L 13 z 19.01.2000.
4. Dziedzic, T. (2017). Ekspertyza pisma ręcznego i biometrycznych podpisów elektronicznych. W: M. Kała, D. Wilk, J. Wójcikiewicz (red.), *Ekspertyza sądowa. Zagadnienia wybrane*, wyd. 3. Warszawa: Wydawnictwo Wolters Kluwer.
5. Kaspryszyn, J. (2007). *Podpis własnoręczny jako element zwykłej formy pisemnej czynności prawnych*. Warszawa: Wolters Kluwer Polska.
6. Koziczak, A. (1997). *Metody pomiarowe w badaniach pismoznawczych*. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych.
7. Koziczak, A., Owoc, M. (red.) (2007). *Słownik terminów pismoznawczych*. Kraków: Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych.
8. Kwieciński, H. (1933). *Grafologia Sądowa (Zasady ekspertyzy dokumentów i analizy pisma)*. Warszawa: Instytut Wydawniczy „Biblioteka Polska”.
9. Marucha-Jaworska, M. (2015). *Podpisy elektroniczne, biometria, identyfikacja elektroniczna*.

- elektroniczny obrót prawny w społeczeństwie cyfrowym*. Warszawa: Wolters Kluwer SA.
10. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 lipca 2014 r. w sprawie identyfikacji elektronicznej i usług zaufania, Dz. Urz. L 257 z 28.08.2014.
 11. *Samsung Galaxy Tab S3 – test tabletu z rysikiem. Tak wyglądałby iPad Pro z Androidem*, <https://www.tabletmaniak.pl/232878/samsung-galaxy-tab-s3-test/> (dostęp 15.04.2020).
 12. *Tajemnica rysika Samsunga Galaxy Note*, <https://www.tabletowo.pl/tajemnica-rysika-samsunga-galaxy-note/> (dostęp 15.04.2020).
 13. Ustawa z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (tekst jednolity: Dz. U. z 2013 r., poz. 262 z późn. zm.).
 14. Ustawa z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym (tekst jedn. Dz.U. z 2001 r. Nr 130, poz. 1450. z późn. zm).
 15. Ustawa z dnia 5 września 2016 r. o usługach zaufania oraz identyfikacji elektronicznej (Dz. U. 2016, poz. 1579, z późn. zm.).
 16. Wójcik, W. (1971). *Podstawowe problemy badania pisma*. Warszawa: Departament Szkolenia i Wydawnictw MSW.
 17. Wójcik, W. (1977). *Identyfikacja pisma, dokumentów i audiodokumentów*. Warszawa: Departament Szkolenia i Doskonalenia Zawodowego MSW.
 18. Wójcik, W. (1985). *Kryminalistyczne badania dokumentów*. Warszawa: Departament Szkolenia i Wydawnictw MSW.

Biometric electronic signatures as the new object of handwriting examination

Anna Przewor^{1*}, Łukasz Kocielnik¹

¹ Central Forensic Laboratory of the Police

* Corresponding author: anna.przewor@policja.gov.pl

Summary

Analyses of electronic biometric signatures constitute an innovation in forensics. The aim of the study described in this article was to determine whether it is possible to categorically confirm or exclude both the authenticity and the execution of handwritten biometric electronic signatures. Several-year-long research on various types of electronic signatures has made it possible to formulate categorical conclusions in this area. The article defines and determines the terminological scope of the biometric electronic signature concept within the widely understood electronic signatures. The analyses of biometric signatures were based on the graphical-comparative method commonly used in the traditional model of handwriting analysis. The only modification consisted in replacing the set of motoric features with biometric features, which turned out to be necessary for a categorical opinion on this matter. Study results described in the text allow for quantitative examination within analysis of manuscripts thus enabling issuing a categorical opinion. The biometric features of handwriting identified entirely by means of digital data ought to contribute to the elimination of any bias that might exist on the part of an expert.

Key words: biometry, signature, forensic science, expert opinion, graphical-comparative method

Introduction

Analysis of signatures constitutes one of the most difficult areas of handwriting opinions. The assessment of the characteristics indicated in a signature is not easy and the interpretation of observed conformities and differences between the evidence and comparative material comprises a margin of expert subjectivity.

Biometric electronic signatures being the subject of this article are described entirely with numbers and that helps to eliminate the element of subjectivism in their assessment by an expert. An overview of the latest IT technologies for companies and institutions operating, among others, in the area of postal, courier, banking, insurance and telecommunications services indicates the growing popularity of electronic biometric signatures, which are referred to as the future or simply as an indispensable element of contemporary organisations.

Definition of biometry and determining the purpose of its use

The word “biometry” derives from Greek words *bios* – life and *metron* – measurement. Originally, it was understood as measuring the characteristics of living creatures without indicating the purpose and method of performing the measurement. Currently, the literature of the subject emphasises that the purpose of using biometry is automatic authentication of identity which can be divided into two categories:

– confirmation (verification) of identity;

– establishing (determination) of identity (Marucha-Jaworska, 2015, p. 169).

Identity is verified or determined on the basis of its physiological or behavioural characteristics referred to as biometrics. Physiological biometrics carry information related to physical characteristics. They are static in nature and can be measured (read) at any time. The categories of physiological biometrics include: facial image, fingerprints, hand geometry, image of the iris and the retina of the eye, DNA, ear shape, smell, pattern of blood vessels in the finger and hand, skin reflection. On the other hand, the essence of behavioural characteristics is the manner of performing a given activity. They are dynamic and last over a period of time that is needed to measure or observe them. Behavioural characteristics can be acquired or learned, or they may be genetically determined. The behavioural biometrics category includes: execution of a handwritten signature, speed of typing, way of typing, mouse movement, voice, mouth movement, manner of walking, the course of brain reaction (Czajka, Pacut, 2004). The mentioned physiological and behavioural biometrics can be used in the automatic identification and verification of persons, however, in practice the following are currently taken into account: fingerprints, the arrangement of blood vessels of the finger, hand or wrist, hand and face geometry, the iris of the eye, handwritten signature and the method of its execution.

Terminology within the concept of electronic signature

The definition and determination of the terminological scope of biometric electronic signature concept requires clarifying its place in the general structure of electronic signatures.

The law does not regulate the form of electronic signature and that results in the variety of electronic services being in use. In Directive 1999/93/EC of the European Parliament and of the Council of 13 December 1999 on a Community framework for electronic signatures¹, the electronic signature is defined as “data in electronic form which are attached to or logically associated with other electronic data and which serve as a method of authentication”. In addition, the term “advanced electronic signature” has also been introduced, which complies with the legal requirements for electronic data in the same way as a handwritten signature for data on paper.

In Poland, the provisions of the above-mentioned Directive were implemented by the Act of September 18, 2001 on electronic signature². The act introduced a qualified electronic signature into Polish law, which, despite its announcement, did not achieve great success.

It is used mainly in the structures of public and local government administration and, rarely, by individual legal entities. On the other hand, a handwritten biometric signature has been used in everyday life and is used, for example, to confirm receipt of a parcel or to conclude a telecommunications contract. They have been implemented by small companies and individual entities.

In connection with the use of a handwritten biometric signature, it is worth emphasising that the Act of September 5, 2016 on trust services and electronic identification³ and the 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 market⁴ are currently in force in Poland. These laws allowed for the implementation and authentication of digital documents using both solutions, i.e. cryptographic and biometric security. With regard to the security measures used, it is commonly defined as “digital signature” / “electronic signature”. A cryptographic digital signature (qualified electronic signature) is an object of examination by experts in the field of computer science. Its use requires the a certificate issued by a qualified certification authority and a private key stored on a cryptographic card. A qualified electronic signature is legally equivalent to a handwritten signature, however, it is created without

the use of the signatory’s hand. The biometric electronic signature in literature, especially in Internet resources, is also referred to as: “biometric signature”, “handwritten electronic signature”, “handwritten biometric signature”. The idea behind this signature is based on the principle of individual handwriting.

A biometric signature is a handwritten signature placed on a dedicated device, usually a tablet, using a special stylus. Such a signature does not have a graphic line as in a traditional signature, but it is made of hundreds of points written at the shortest intervals possible. Each point is assigned a value of time, pressure and location in the x, y coordinate system. The advantage of authenticating a document with a biometric signature is its handwritten form, enriched with graphic features and non-obvious biometric features recorded during drawing. In addition to that, such a document is secured, among others RSA private key technology (Rivest-Shamir-Adleman Algorithm). This signature is inseparably inscribed in a digital document, and any interference in its structure makes it impossible to decrypt it.

Examination of the characteristics of biometric signatures

The properties of the biometric electronic signature allow them to be examined using the graphical comparative method used in the traditional model of literary analysis. However, due to the greater range of biometric signatures features, the indicated method can be extended with the analysis of additional properties that significantly increase the examination potential.

In the classical approach the graphical-comparative method is based on the analysis of graphical features classified in a set of synthetic, topographic, motor, measurable and constructional features. The found similarities and differences between the compared materials are in each case considered individually taking into account examination values of individual features.

Due to the scope of the analysed biometric features, it is justified to pay attention to the set of motoric features, which in the case of classic studies include the rate (speed) of writing, determined

- in an absolute way: small, medium, large;
- as part of a handwriting sample (constant, variable);
- in relation to the personal norm (slow, natural and accelerated).

The pace of writing is a manifestation of motoric skills most sensitive to changes – both conscious, aimed at masking the features of one’s own handwriting and those resulting from the individual’s development. Within a set of motoric features also comparisons of the impulse of writing defined as the frequency of detachment of the writing tool from the background, pressure and the associated shading of the graphic line (which in the light of the subject matter discussed in the article seems to be very important) are made. Detailed analysis allows to evaluate the following:

¹ Official Journal of the EU L 13 of 19.01.2000, pp. 12–20.

² Journal of Laws of 2001 no 130, item 1450, as amended.

³ Journal of Laws of 2016, item 1579, as amended.

⁴ Official Journal of the EU L 257 of 28.08.2014, pp. 73–114.

- pressure direction, which can be ascending, descending, right or left;
- pressing force as low, medium or high;
- uniformity of pressure – constant or variable, rhythmic or non-rhythmic;
- places of increased pressure, e.g. designated in the upper elements of the characters.

It is worth recalling that already W. Wójcik paid special attention to the beginnings and endings of written lines. He argued that the way the tip of the writing implement touches the background and is taken off it are not the same for two people. Usually, they differ in the pressure of the hand and in the direction of contact of the implement with the background (Wójcik, 1971, p. 56). The special value of this feature was also indicated by Z. Czeczot who distinguished the emphasis of writing as a separate group located on the border of measurable and descriptive features (Czeczot, 1971, p. 116). In the set of motoric features the sequence of graphic elements is also distinguished, i.e. the order of writing elements within characters (letters or numbers) and within a sequence of characters. It should be remembered to distinguish between the concepts of sequence of motion and sequence of signs, as they are not identical. The phenomenon of the sequence of movements, also known as the chronology of hand movements, mainly refers to diacritic and supplementary signs and concerns the habitual order of their making. It allows you to recreate the hand movements performed during the writing activity. On the other hand, the sequence of characters is the use of one of the variants or varieties of signs depending on their location in a word or the position in the vicinity of a specific letter.

In the study of biometric signatures the set of motor features was enriched with measurable biometry records that extend the examination potential, and narrow the likely area of the expert's subjectivism. Biometric data expressed in a numeric form also allow the use of statistical calculations, including the average pressure values for a signature or a group of signatures, average writing speed, and determining the maximum and minimum pressure in particular fragments.

A biometric signature as the object of identification examinations

Due to the lack of an unequivocal definition of the form of an electronic signature it has become the object of examinations in criminal proceedings. More and more inquiries as to the possibility of executing analyses of these signatures have been directed to the police forensic laboratories. This has become a reason for the Central Forensic Laboratory of the Police (CFLP) undertaking research on a biometric signature as regards the identification potential. During international

conferences attended by CFLP experts results of expert examinations research in the field of handwritten electronic signature were presented several times. However, there have been no scientific reports on the possibility of issuing opinions on biometric signatures. Therefore, the analyses carried out in CFLP aimed to answer the following questions:

- Is it possible to confirm the executive homogeneity of signatures on paper and biometric electronic signatures?
- Is it possible to imitate signatures while maintaining the similarity of biometric and graphic features?
- Can a “perfect” forgery be achieved?
- What examination method should be used and what type of comparative material should be collected in order to provide opinions on biometric electronic signatures?
- What inference possibilities will the analysis of electronic signatures with a biometric layer bring?

At this point, it should be mentioned that there are signature creation devices in common use which do not record the biometric layer. In this case a possible questioned signature is submitted for examination in a form of a printout of its image, which, due to its examination limitations, is not the object of identification. However, when we are dealing with a device that also records the biometric data of the signature placed on it, the examination possibilities are entirely different.

The most important element when signing on an electronic device is the requirement that the entire process should reflect the flow of traditional writing. It is not a question of the application itself, but also of the quality of the device on which the signature is made. Currently, manufacturers offer devices of increasingly better quality. Many devices designed directly for creating and saving biometric signatures have been also made available on the Polish and global market. More and more entities are using such devices, which should be considered a positive trend. In addition, it is worth noting that the biometric signature is permanently assigned to a specific document, and any change or interference in the document is either saved or causes the signature to be rejected as invalid.

From the point of view of an expert in the field of handwriting examination the best devices and applications used to authenticate documents with a biometric signature are those that simultaneously register:

- graphic image of the signature,
- time of signing and including all its elements,
- the pressure of the stylus on the tablet screen,
- the location of the points building the signature in relation to the x, y axes,
- adjustments, i.e. the movements of the stylus above the tablet.

Form and scope of the examinations undertaken in CFLP

In the two-year-long study carried out at CFLP, the research material consisted of biometric signatures collected over various periods in time from persons with different education and ages. One thousand five hundred electronic signatures with biometric layers of various structures from the simplest to complex legible forms were analysed. A tablet with a stylus enabling the recording of biometric data were used. During the research, a generally available application for signing digital documents was applied as well as software employed in one of the entities in the postal service. The tablet, which was used during the tests, has special sensors on the screen, covered with a dense grid of points sensitive to the change of electromagnetic voltage exerted by the stylus. It also includes x- and y-axis sensors that act on the resonance circuit in the stylus. The electromagnetic technology applied in the tablet recognises up to 4096 levels of pressure, which, in turn, allows for very precise measurements⁵.

During the research carried out at CFLP, attempts were made to forge authentic signatures by means of learned and visual imitation and copying through a sheet of paper with the use of the above-mentioned tablet.

It should be mentioned that the analysed applications allow saving signatures made in a digital PDF document or directly in another file, e.g. XML. The signature is handwritten, but not on a paper substrate, as before, but on a tablet screen with a biometric layer. The writing tool has a shape similar to that of a pen. The only change is the stylus tip, which in this case allows the use of electromagnetic technology. As a result, when signing a document on the tablet, in addition to the image of the signature, biometric data are saved, which constitute the basis for issuing opinions on handwritten electronic signatures. Upon completion of the study the researchers came up with a set of biometric features which constitute an extension of the motoric features used so far.

Assessment of biometric electronic signature examination value

The analysis of the research possibilities of a biometric signature should begin with the parameter, to which the others are related, namely the position of individual signature points in relation to the x and y axes. The record of these densely located and then connected points provides an image of the biometric signature. Therefore, it can be concluded that the analysed feature is an image

of the signature, but saved in a numerical form. Both an application for biometric signatures and a traditional Excel sheet were used to analyse the positions of the points. The Excel sheet made it possible to represent the signature in various ways in the coordinate system with the x and y axes. On the other hand, the application itself allowed visualising the position location of a point on the x or y axis with respect to time, and creating repetitive lines on the plot. Figures 1–3 present the image of the authentic signatures of the respondents in the biometric analysis application and in the Excel sheet.

Specifying the location of individual signature points in the x, y coordinate system also allows determining the direction and sequence of writing individual characters and their elements. Figure 4 presents a signature in the form of a plot with marked points positioned in the x, y coordinate system. Figure 5 shows the sequence of drawing the signature elements determined on that basis.

The ability to analyse the implementation time of a biometric signature, its individual parts and characters is a very important element of the research. In the traditional model of handwriting analysis it is relatively determined whether the signature was created at a constant or variable, small, medium or high, slow, natural or accelerated speed (Koziczak, 1997, p. 41). It is extremely important that the signing process on the tablet is registered. The course of the signature execution can be reproduced as in a video, thanks to which it is possible to analyse the speed of drawing the components of the signature and moments of pondering or hesitation during its drawing can be observed. An important parameter is the time between touching the tablet screen with the stylus, e.g. between writing individual parts of the signature, successive characters or their construction elements (grammas). In imitated signatures the intervals are longer, as compared to the authentic signatures. This is due to the fact that a counterfeiter focuses only on the best graphic representation of the signature image, not paying attention to the elapsed time.

Figure 6 presents an authentic and imitated signature with a visible difference in times their execution. The difference also concerns the time interval between signature writing and the visible supplementary element (gramma).

Another feature that is recorded when placing a biometric signature is pressure. Although no exceptional significance is attributed to any of the features within the graphical-comparative method used to analyse entries made on paper background, pressure is undoubtedly among the important ones. The pressure on the paper substrate is assessed by the depth of grooves and reliefs left by the writing tool as well as the degree of saturation of paper with the writing medium, e.g. ballpoint pen ink. Nevertheless, it is often difficult to judge where the pressure is greatest and where it is the smallest. With regard to biometric

⁵ *Samsung Galaxy Tab S3 – test tabletu z rysikiem. Tak wyglądałby iPad Pro z Androidem*, <https://www.tabletmaniak.pl/232878/samsung-galaxy-tab-s3-test/> (accessed on: 15.04.2020); *Tajemnica rysika Samsunga Galaxy Note*, <https://www.tabletowo.pl/tajemnica-rysika-samsunga-galaxy-note/> (accessed on: 15.04.2020).

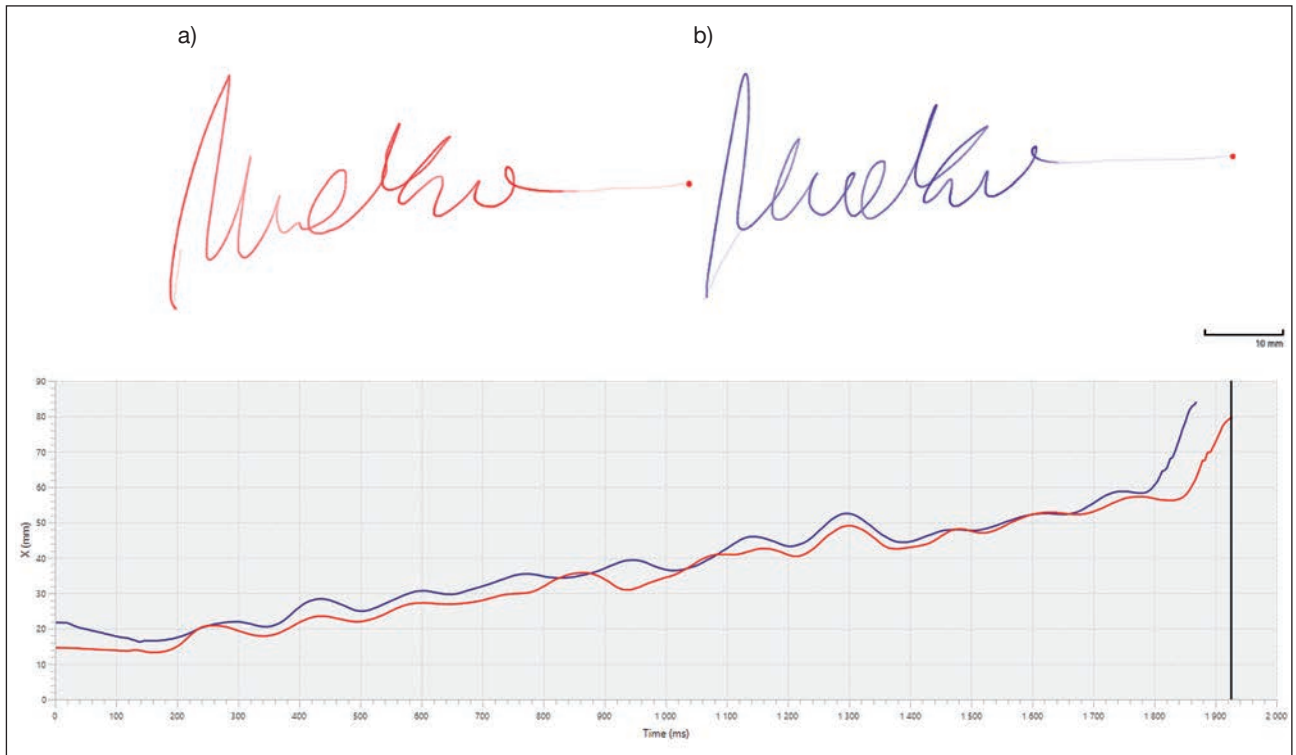


Fig. 1. Plot of recorded x coordinates in relation to time.

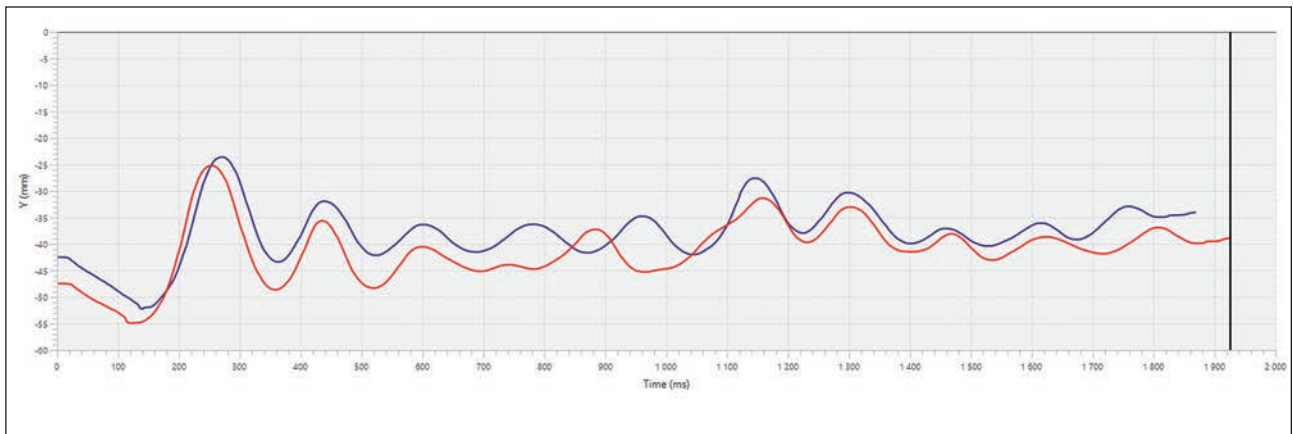


Fig. 2. Plot of the recorded y coordinates in relation to time.

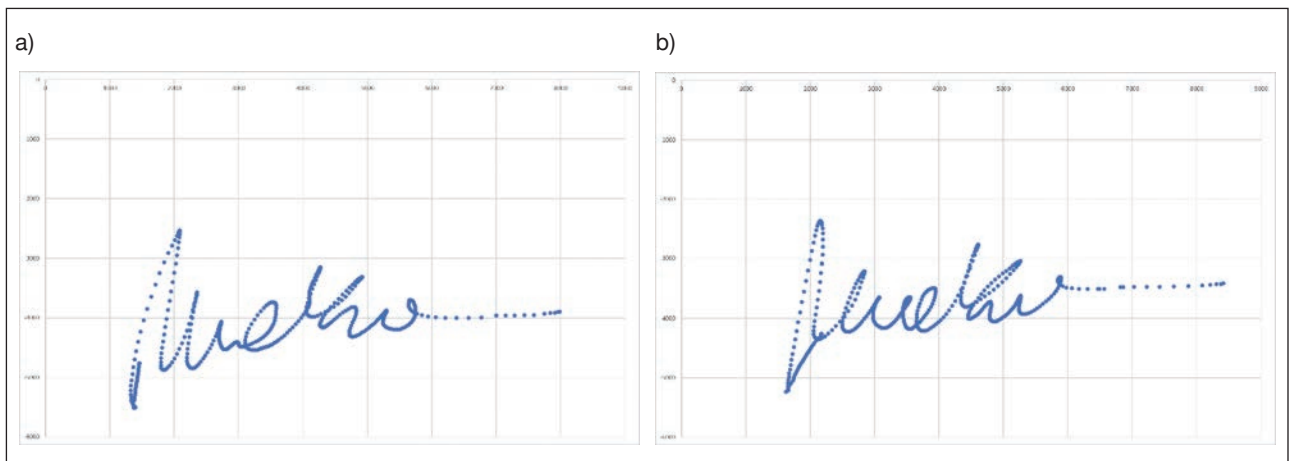


Fig. 3. Plots of authentic signatures in coordinate system.

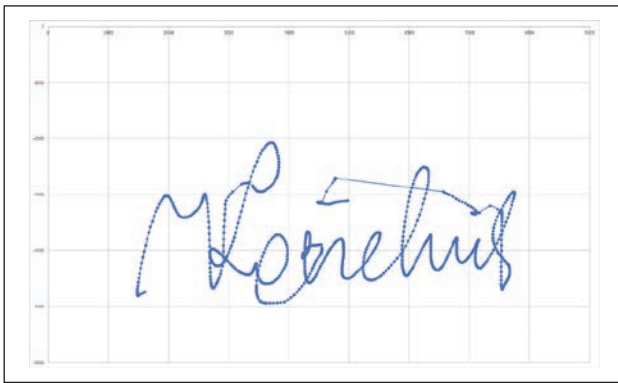


Fig. 4. Plot of a signature in the x, y coordinate system.

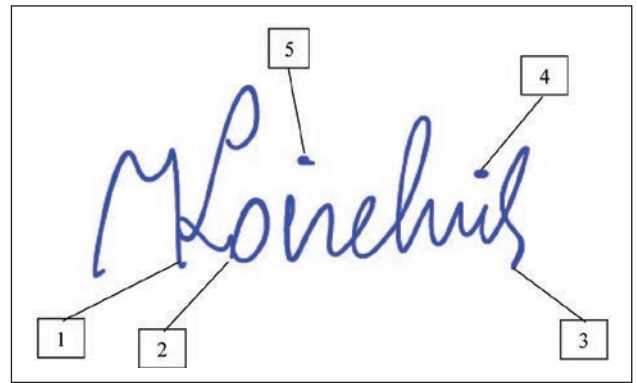


Fig. 5. A signature with identified sequence of element execution.

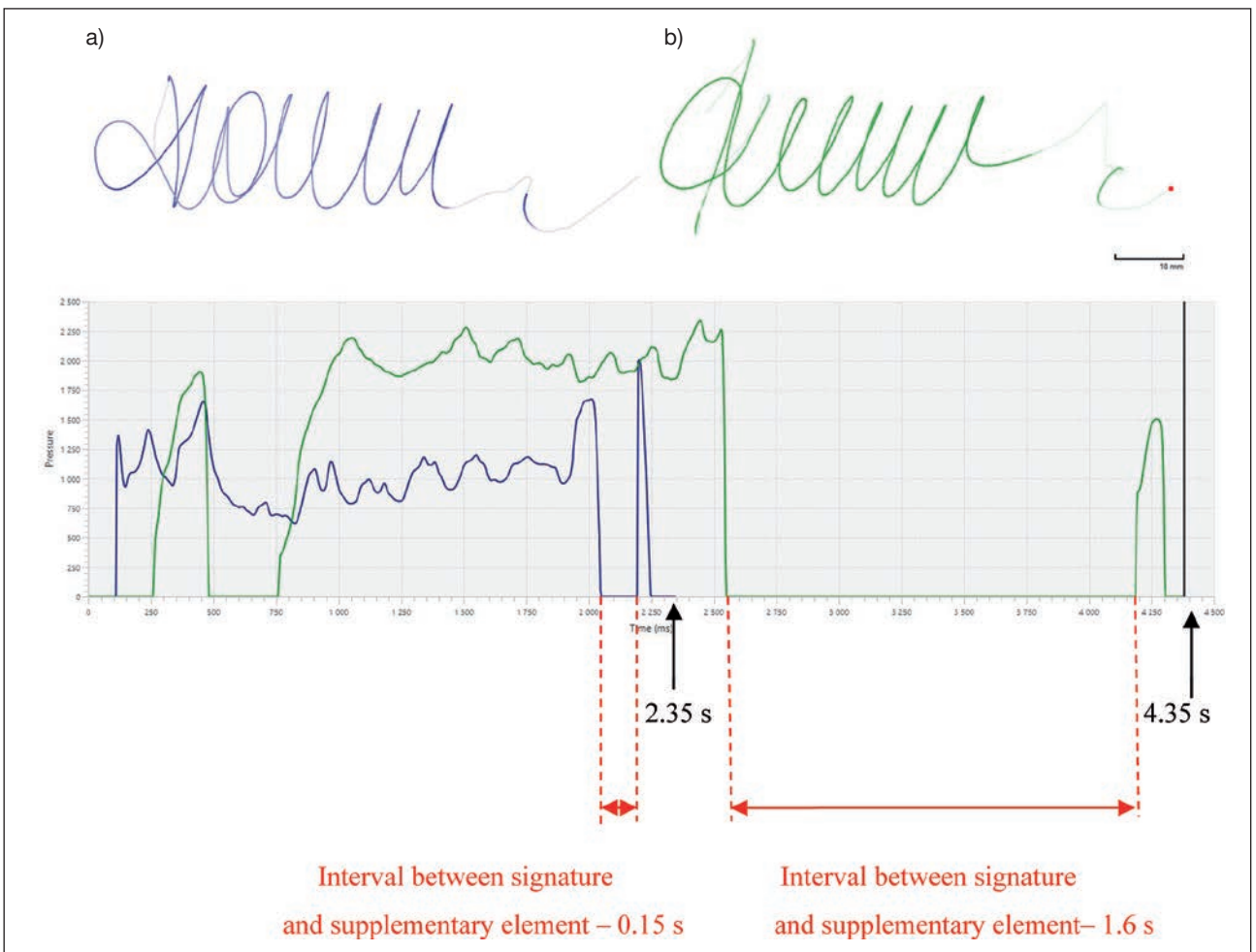


Fig. 6. Time of signature execution: (a) authentic signature, (b) imitated signature.

signatures the assessment of this parameter through the form of its recording is unambiguous. A comparative analysis of the pressure in biometric signatures allowed for the conclusion that it is a highly individualised feature characterising each person's signature. The analysis of pressure in biometric signatures makes it possible to determine the natural manner of their execution and refer to it. In the case of authentic and automated signatures

the pressure is fluent and, at the same time, diverse, while in the case of imitated signatures – unrepeatable, irregular and of low variability.

Figures 7–9 present plots of pressure in the authentic and imitated signatures.

It is possible to calculate the average pressure of individual signatures of a given person or the average pressure of several signatures based on statistical

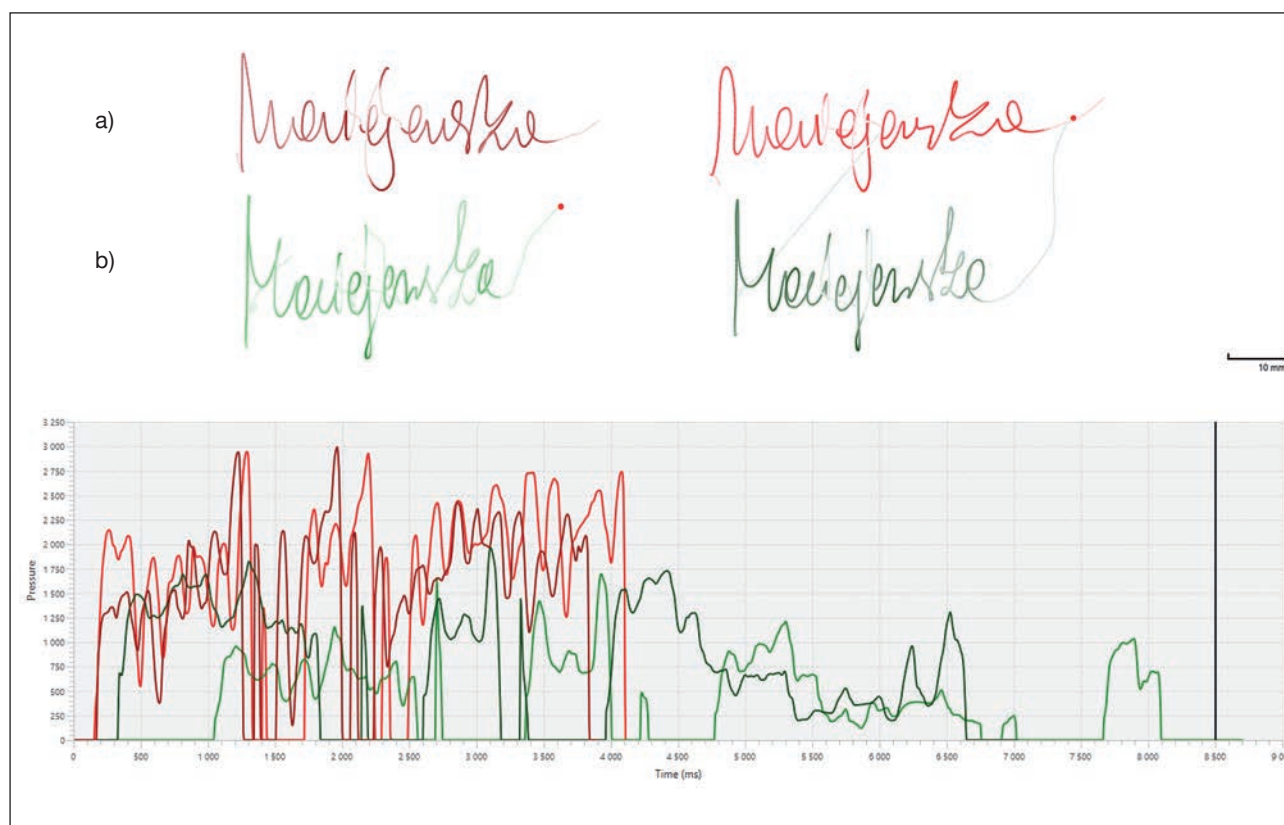


Fig. 7. Pressure in authentic signatures (a) and imitated signatures (b).

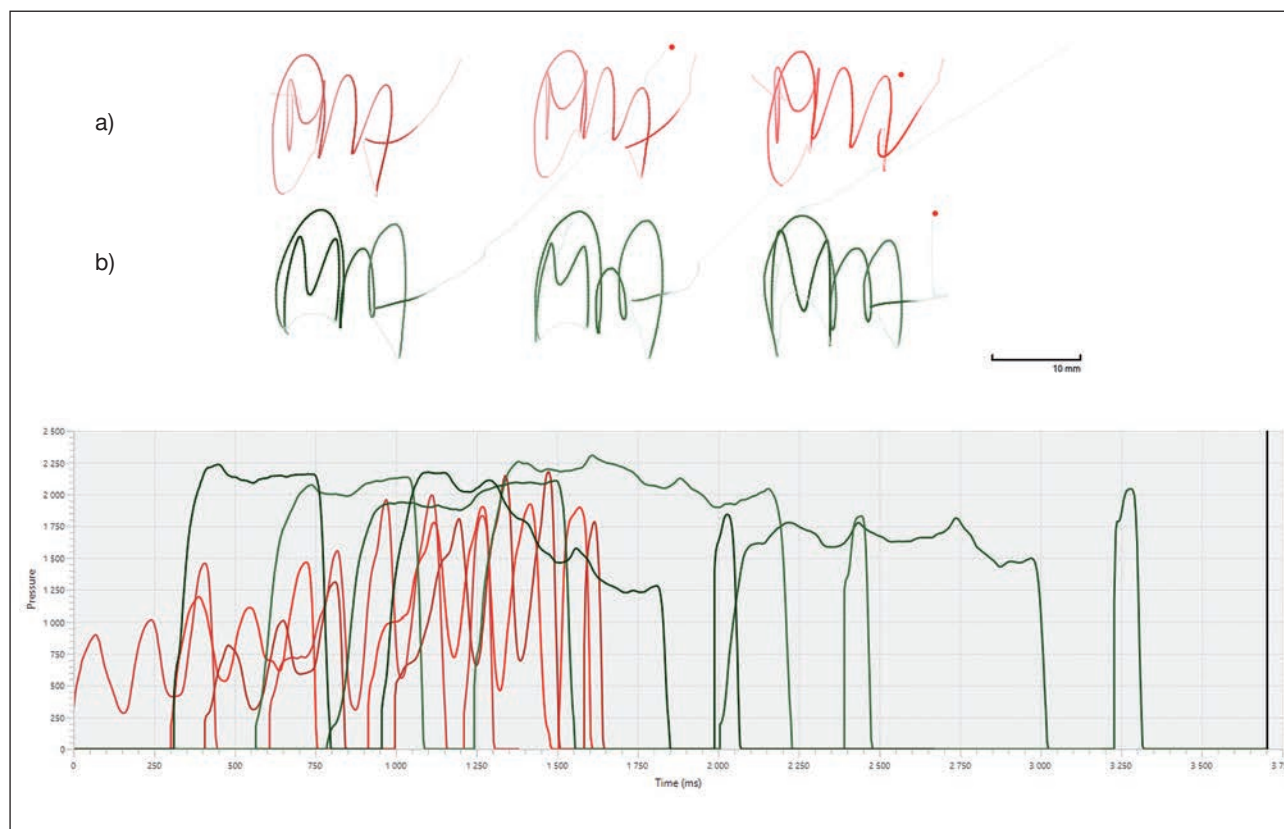


Fig. 8. Pressures in authentic signatures (a) and imitated signatures (b).



Fig. 9. Authentic signatures.



Fig. 10. Imitated signatures.

methods. Figures 9–11 show authentic and imitated signatures and a plot representing the mean pressures for authentic and imitated signatures. In the analysed case, the imitated signatures are characterised by a significantly lower pressure than in the authentic signatures.

Another registered parameter of the biometric signature involves adjustments⁶, i.e. all movements taking place above the tablet surface. Their analysis showed that each person submitting the biometric signature performs repetitive and specific movements over the tablet screen. Of course, this also applies to traditional writing on paper but only the biometric signature allows them to be recorded and illustrated. Adjustments in the biometric signature do not constitute the main graphic line of the signature and are not visible on the signed document. Only during the analysis of the signature in an Excel sheet or a computer application

⁶ In the traditional model of handwriting analysis, the term 'adjustment' was defined as a graphic element constituting an extension on the basis of the previous hand movement in the air before the beginning of the main writing activity or preparation to the movement of the hand in the air above the background (Koziczak, Owoc, 2007).

intended for that purpose is it possible to extract and evaluate them. A biometric signature enriched with lines drawn over the tablet creates a one-pulse graphic composition that can be the subject of an expert's examination. The advantage of registering this parameter is the unawareness of the person signing it about the possibility of its recording. The imitator focuses on mirroring the image of the signature as much as possible, rather than controlling the movements of the stylus over the tablet. In the case of forged signatures, the adjustment has an irregular and unnatural shape, often with a characteristic tremor.

Figures 12–13 show examples of authentic and imitated signatures with marked adjustments.

Concluding remarks

The results of the conducted research as well as the in-depth analysis and interpretation of the features constituting the examination value of biometric signatures allowed to classify them as object of handwriting identification. The CFLP has issued the first forensic opinions in which biometric signatures were the subject of analyses. Importantly, the opinions led to formulating categorical final conclusions. However, conducting the examinations was possible thanks to

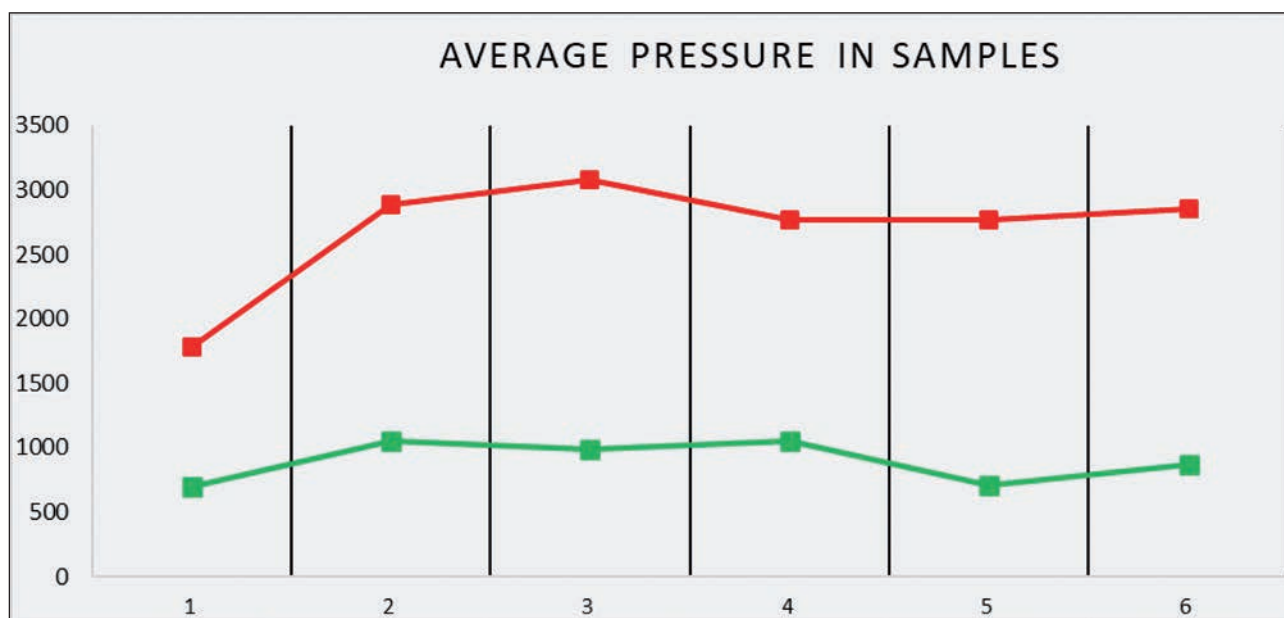


Fig. 11. Pressure values for the authentic signature (red colour) and the imitated one (green colour).

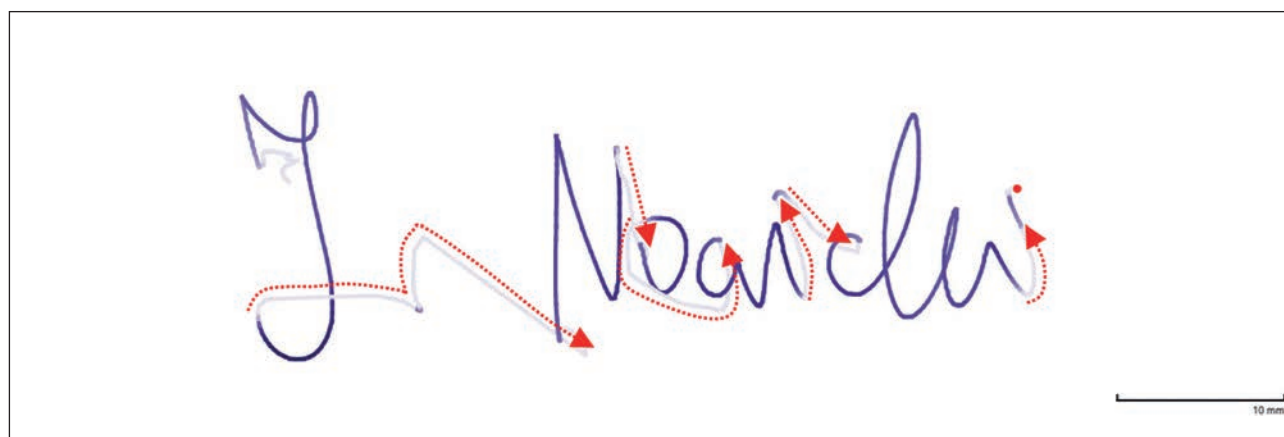


Fig. 12. Authentic signature with marked adjustments.

the close cooperation of the authorities requesting the expertise with CFLP experts in the field of classic document examination. The tasks of the requesting parties included the appropriate recovery of the evidence and collecting the comparative material made on paper background. CFLP experts collected biometric comparative material on the laboratory premises. What is particularly important, the biometric material in each case was submitted on a device and in the computer application analogous to the evidential material. The issues referring to these opinions due to their scientific value will be presented in subsequent publications on biometric signatures. That results from their complexity already at the stage of recovering the evidential material and collecting the comparative material.

Summary

Potential of biometric signatures examination allows minimising the subjective assessment of the characteristics made by the expert in handwriting identification. As the research carried out at the CFLP has shown, this type of signature may be a fully-fledged subject of handwriting examination with the possibility of formulating categorical conclusions based on the analyses. It seems that the popularization of devices and applications recording this form of electronic signature shall determine the direction of development in classic document examination.

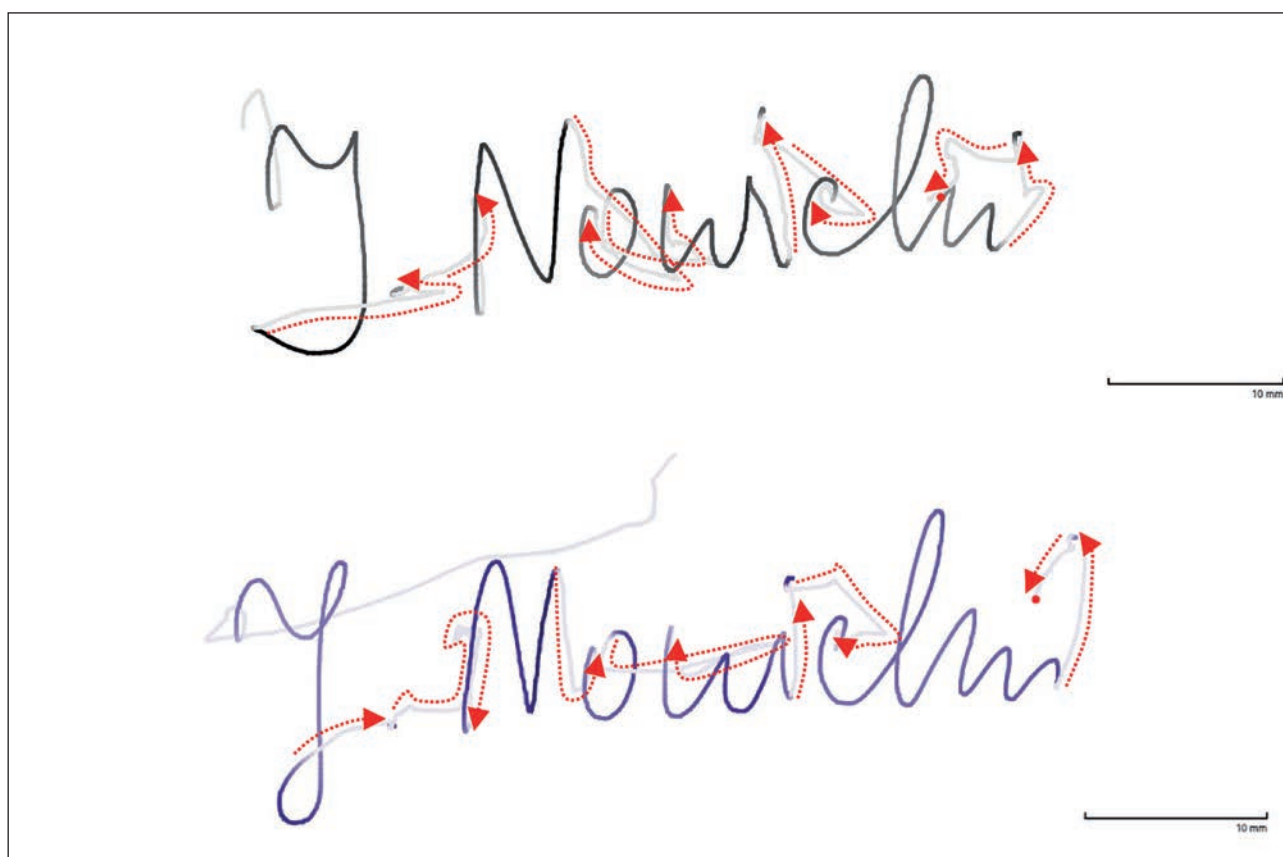


Fig. 13. Imitated signatures with marked adjustments.

Source of Figures: Authors

Bibliography

1. Act of September 18, 2001 on electronic signature (consolidated text: Journal of Laws of 2013, item 262, as amended).
2. Act of September 18, 2001 on electronic signature (consolidated text: Journal of Laws of 2001 No. 130, item 1450, as amended).
3. Act of September 5, 2016 on trust services and electronic identification (Journal of Laws of 2016, item 1579, as amended).
4. Czajka, A., Pacut, A. (2004). Biometria podpisu odrębnego. In: P. Zając, S. Kwaśniewski (ed.), *Automatyczna identyfikacja w systemach logistycznych*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej (Wrocław University of Science and Technology Publishing House).
5. Czeczot, Z. (1971). *Badania identyfikacyjne pisma ręcznego*. Warsaw: Wydawnictwo Zakładu Kryminalistyki KG MO (Publishing House of Militia Headquarters Forensic Institute).
6. Directive 1999/93/EC of the European Parliament and of the Council of 13 December 1999 on a Community framework for electronic signatures. Official Journal of the European Union L 13 of 19.01.2000.
7. Dzedzic, T. (2017). Ekspertyza pisma ręcznego i biometrycznych podpisów elektronicznych. In: M. Kała, D. Wilk, J. Wójcikiewicz (ed.), *Ekspertyza sądowa. Zagadnienia wybrane*, 3rd edition. Warsaw: Wolters Kluwer.
8. Kaspryszyn, J. (2007). *Podpis własnoręczny jako element zwykłej formy pisemnej czynności prawnych*. Warsaw: Wolters Kluwer Poland.
9. Koziczak, A. (1997). *Metody pomiarowe w badaniach pismoznawczych*. Cracow: Institute of Forensic Research Publishing House.
10. Koziczak, A., Owoc, M. (ed.) (2007). *Słownik terminów pismoznawczych*. Cracow: Institute of Forensic Research Publishing House.
11. Kwieciński, H. (1933). *Grafologia Sądowa (Zasady ekspertyzy dokumentów i analizy pisma)*. Warsaw: Instytut Wydawniczy „Biblioteka Polska”.
12. Marucha-Jaworska, M. (2015). *Podpisy elektroniczne, biometria, identyfikacja elektroniczna: elektroniczny obrót prawny w społeczeństwie cyfrowym*. Warsaw: Wolters Kluwer Inc.
13. 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. Official Journal of the European Union L 257 of 28.08.2014.

14. *Samsung Galaxy Tab S3 – test tabletu z rysikiem. Tak wyglądałby iPad Pro z Androidem*, <https://www.tabletmaniak.pl/232878/samsung-galaxy-tab-s3-test/> (accessed on: 15.04.2020).
15. *Tajemnica rysika Samsunga Galaxy Note*, <https://www.tabletowo.pl/tajemnica-rysika-samsunga-galaxy-note/> (accessed on: 15.04.2020).
16. Wójcik, W. (1971). *Podstawowe problemy badania pisma*. Warsaw: Department of Training and Publications, Ministry of Interior.
17. Wójcik, W. (1977). *Identyfikacja pisma, dokumentów i audiodokumentów*. Warsaw: Department of Training and Professional Improvement, Ministry of Interior.
18. Wójcik, W. (1985). *Kryminalistyczne badania dokumentów*. Warsaw: Department of Training and Publications, Ministry of Interior.

Translation Ewa Nogacka