

Krystyn Łuszczuk

Instytut Kryminalistyki PTK Sp. z o.o

ORCID 0000-0002-3438-4167

Andrzej Łuszczuk

Instytut Kryminalistyki PTK Sp. z o.o

ORCID 0009-0005-9398-5666

GRAFOTYP V.3.0, CZYLI ZMIANA ROLI EKSPERTA

Streszczenie

Artykuł przedstawia ewolucję programu GRAFOTYP, będącego częścią pakietu programów komputerowych pod nazwą „GLOBALGRAF – I”, wspomagających i częściowo obiektywizujących badania identyfikacyjne pisma ręcznego do jego wersji GRAFOTYP- 3.0. Program GRAFOTYP był rozwinięciem i uzupełnieniem dotychczas stosowanych w badaniach pismoznawczych metod grafometrycznych. W dotychczasowych wersjach programu istotna rola przypadała ekspertowi prowadzącemu badania. To on, mimo narzuconych zasad badawczych, ostatecznie według swojego kryterium wyznaczał na analizowanych w programie próbkach punkty obrysu, które program przetwarzał w parametry określane jako współczynnik kształtu i grafotyp. W nowej wersji wyeliminowano subiektywizm badającego w ustalaniu punktów obrysu w próbkach, co pozwala na uzyskanie jednolitych wyników bez względu na użytkownika. Kluczowe ulepszenie polega na wprowadzeniu automatycznej detekcji konturów linii graficznej, wymagającej binaryzacji obrazu. Program w swoim menu posiada aplikację - edytor graficzny umożliwiającą „czyszczenie” próbek z tła utrudniającego „komputerowi” prowadzenie analizy bez konieczności korzystania z zewnętrznych analogicznych narzędzi. Mimo zaawansowanej automatyzacji programu, ostateczna interpretacja wyniku badania wciąż opiera się na wiedzy i doświadczeniu eksperta, który przygotowuje próbki. Wydaje się, że stosowanie programu GRAFOTYP 3.0 może stanowić znaczący krok w kierunku dalszej obiektywizacji, dzięki czemu stanie się istotnym narzędziem w analizach pismoznawczych.

Słowa kluczowe: Badania identyfikacyjne pisma ręcznego, komputerowe wspomaganie ekspertyzy pismoznawczej, GRAFOTYP, GLOBALGRAF, KINEGRAF, RAYGRAF, SCANGRAF, badania pismoznawcze

Wprowadzenie

Znany od wielu lat program GRAFOTYP¹ będący składnikiem pakietu GLOBALGRAF² jest komputerową aplikacją grafometryczną umożliwiającą porównanie zgodności dwóch zapisów. Przypominamy, że zasada działania tego programu polega na „obrysowaniu” konturu (będącego nieregularnym wielobokiem) badanego zapisu oraz obliczeniu powierzchni „F” tego wieloboku i jego obwodu „P”. Iloraz F/P^2 nazywany jest współczynnikiem kształtu „Wk”. Następnie wyznaczane są dwie przekątne tego wieloboku „W1” i „W2”, łączące najbardziej charakterystyczne (zdaniem eksperta) punkty zapisu. Iloraz tych przekątnych (wartości mniejszej do większej, czyli $W1/W2$ lub $W2/W1$) nazwany jest proporcją wielkości „Pw”. Wreszcie iloczyn współczynnika kształtu „Wk” i proporcji wielkości „Pw” daje charakterystyczny dla danego zapisu parametr nazwany Grafotypem „G”. Zatem Grafotyp to:

$$G = 100 * Wk * Pw$$

Mnożnik 100 został wprowadzony, aby uniknąć wartości ułamkowych (poniżej jedności) Grafotypu niewygodnych do interpretacji i porównań. Obliczenie Grafotypów dla dwóch badanych jednocześnie próbek pisma,

¹ GRAFOTYP. Praca naukowa finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków na naukę w latach 2009–2011 jako projekt rozwojowy nr OR 00003807 – przewodnik po programie; autorzy: A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, konsultacja naukowa T. Tomaszewski, M. Goc, M. Broniarz (wersja elektroniczna). Szerzej na ten temat m.in.: T. Tomaszewski, M. Goc, A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, *Computer-based graphometry – new quality in forensic analysis of handwriting*, w: *Criminalistics and Forensic Examination: Science, Studies, Practice*, cz. III, Lietuvos tesimo ekspertizės centras, Vilnius 2011, s. 78–81; M. Goc, A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, T. Tomaszewski, *Wykorzystanie grafometrii komputerowej w badaniach identyfikacyjnych pisma ręcznego i podpisów – komunikat z realizacji projektu rozwojowego*, w: Z. Kegel, R. Cieśla (red.), *Znaczenie aktualnych metod badań dokumentów w dowodzeniu sądowym. Materiały XIV Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma*, Katedra Kryminalistyki, Wydział Prawa, Ekonomii i Administracji, Wrocław 2010, s. 94–96; M. Goc, B. Goc-Ryszawa, A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, *Grafotyp – program komputerowy wspomagający ekspertyzę pismoznawczą*, „Człowiek i Dokumenty” 2013, nr 30, s. 65–70; M. Goc, *Współczesny model ekspertyzy pismoznawczej. Wykorzystanie nowych metod i technik badawczych*, Volumina.pl, Warszawa–Szczecin 2015, s. 246–256; M. Leśniak, *Wartość dowodowa opinii pismoznawczej*, B.S. Training, Pińczów 2012, s. 82.

² GLOBALGRAF opracowano w latach 2009–2011 w ramach projektu pn. *Opracowanie metodyki programów oraz zbudowanie stanowiska do badań identyfikacyjnych pisma i podpisów przy wykorzystaniu grafometrii komputerowej*, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Projekt był wspólnym przedsięwzięciem naukowo-badawczym Katedry Kryminalistyki Uniwersytetu Warszawskiego i Centrum Badawczo-Szkoleniowego Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego (obecnie Instytut Kryminalistyki PTK). Pakiet zawiera cztery programy: GRAFOTYP, KINEGRAF, RAYGRAF i SCANGRAF.

A i B, daje możliwość porównania i określenia ich procentowej zgodności. Aplikacja umożliwia także weryfikację statystyczną uzyskanych wyników³.

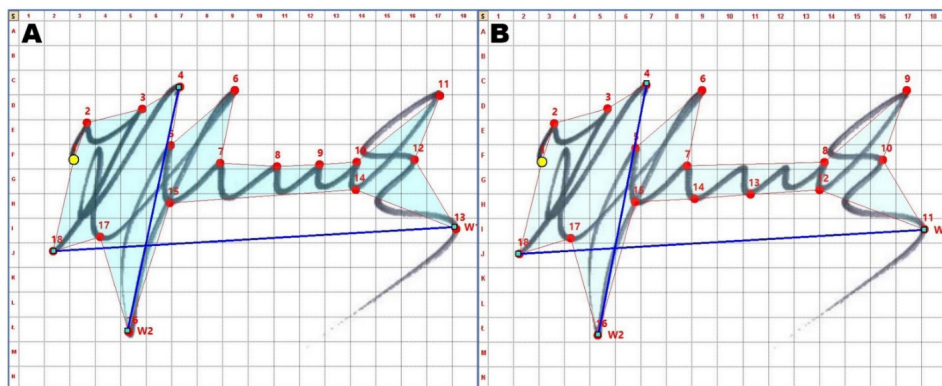
Subiektywizm w GRAFOTYPIE

Wprawdzie wszystkie obecnie stosowane programy wspomagające badania pismoznawcze zmniejszają subiektywizm badań, jednak go nie eliminują⁴. Ten mankament nie omija też GRAFOTYPU. Zarówno wierzchołki wspomnianego wyżej wieloboku, jak i jego przekątne bowiem ekspert wyznacza (klikając wybrane punkty podpisu na ekranie komputera) na podstawie swojej wiedzy i doświadczenia. Nie ma jednak żadnej gwarancji, że każdy ekspert badający konkretną próbkę pisma (podpisu) wykona to identycznie. Istnieje zatem możliwość powstania sytuacji, w której różni eksperci (np. mieszkający w różnych miejscowościach, pracujący w różnych instytucjach), dysponując tym samym materiałem badawczym, wydadzą przeciwstawne opinie. Opinie weryfikacyjne oparte na tych samych materiałach badawczych powinny zaś być zgodne. W tym celu uznaniowość i subiektywizm podejmowania niektórych działań muszą być zredukowane do minimum (a najlepiej – wyeliminowane) z procesu weryfikacyjnego. Poniżej na ryc. 1 pokazano fragment interfejsu programu GRAFOTYP v.2.0 zawierający dwa identyczne podpisy i ich wieloboki obrysów, z zamienionym w sposób zamierzony usytuowaniem niektórych boków wieloboków (liczby boków w obu wielobokach są identyczne).

³ W pierwotnej wersji 1.0 dla celów weryfikacji statystycznej stosowano test kwantylowy, natomiast w wersji 2.0 test kwantylowy zastąpiono korelacją rangową Spearmana. Omawiana w niniejszym artykule wersja 3.0 nie wymaga weryfikacji statystycznej. Zob. także C. Domański, K. Pruska, *Nieklasyczne metody statystyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2000, s. 204–206 i 212–213.

⁴ Na temat subiektywizmu w badaniach kryminalistycznych zob. m.in. J. Moszczyński, *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2011; A. Koziczak, *Metody pomiarowe w badaniach pismoznawczych*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 1997, s. 125–132; M. Leśniak, op. cit., s. 15, 52.

Ryc. 1. Bardzo wysokie podobieństwo wieloboków konturów obrysów próbek uzyskane w programie GRAFOTYP v.2.0



Źródło: opracowanie własne.

Warto porównać usytuowanie punktów oznaczonych numerami 7, 8, 9, 10 w próbce A z punktami 12, 13, 14, 15 w próbce B. Te pierwsze są zlokalizowane ponad środkowym członem podpisu, natomiast te drugie poniżej. Ponieważ kształt geometryczny przedstawionych wieloboków jest omalże identyczny, a przekątne (odcinki niebieskie na ryc. 1) łączą identyczne punkty, powierzchnie obrysów, obwody obrysów, współczynniki kształtu W_k , proporcje P_w , a także Grafotypy są bardzo zbliżone. Na ryc. 2 pokazano te wielkości.

Ryc. 2. Parametry grafometryczne po badaniu próbek z ryc. 1


Powierzchnia obrysu A	F=121269	Powierzchnia obrysu B	F=121717
Obwód obrysu A	P=2899	Obwód obrysu B	P=2964
Współczynnik kształtu W_{kA}	1,44	Współczynnik kształtu W_{kB}	1,39
Proporcja wielkości P_wA	0,62	Proporcja wielkości P_wB	0,63
Grafotyp A	0,89	Grafotyp B	0,88

Źródło: opracowanie własne.

Tak duże liczbowe podobieństwo wartości tych parametrów powinno w zasadzie przesądzać o zgodności wykonawczej badanych próbek, ponieważ każda z nich zawiera ten sam podpis. Jednak tak nie jest. Na

ryc. 3 pokazano końcowy komunikat, który mimo bardzo dużej zgodności współczynników kształtu (96,53%) oraz zgodności Grafotypów (98,88%) informuje, że usytuowanie kolejnych boków obrysów jest odmienne. Przesądza o tym bardzo niski ($R = 0,294$) współczynnik korelacji rangowej Spearmana, nieistotny przy $N = 18$ (liczba boków) i $\alpha = 0,05$, co jest sygnałem niezgodności usytuowania boków „obrysu” próbek (o czym wspomniano wcześniej, zwracając uwagę czytelnika na zamierzone różnice w usytuowaniu punktów oznaczonych numerami 7, 8, 9, 10 w próbce A i punktów 12, 13, 14, 15 w próbce B).

Ryc. 3. Komunikat weryfikacyjny po badaniu próbek z ryc. 1

Wynik weryfikacji zgodności badanych próbek		
Zgodność współczynników kształtu	96,53 %	
Zgodność grafotypów	98,88 %	
Korelacja między długościami boków obrysów	R=0,294 nieistotna (N=18 $\alpha=0.05$)	
Pokaż szczegóły korelacji	Pokaż szczegóły weryfikacji	

Źródło: opracowanie własne.

Ścisłej mówiąc, oznacza to, że w identycznych próbkach niektóre odcinki obrysów wyznaczono w innych (różniących się między sobą) miejscach, co może skutkować uznaniem próbek zgodnych za niezgodne i odwrotnie. W takiej sytuacji nie można wydać katagorycznej opinii o zgodności badanych próbek. Opisana wyżej niezgodność usytuowania odcinków w konkretnych sytuacjach badawczych może powstać z wielu powodów. Czasami może to być zwykła niestaranność eksperta, czasami nieuwaga, czasami niedyspozycja, czasami nieprzeczytanie instrukcji obsługi, a czasami zwykła niewiedza. Niezależnie od przyczyny tak istotnego zróżnicowania w usytuowaniu punktów „obrysu” próbek, taka sytuacja nie powinna zaistnieć. Pewnym „usprawiedliwieniem” może być fakt, że nie ma precyzyjnych, jednoznacznych wytycznych wskazujących, w których miejscach należy sytuować punkty na obwodzie wieloboku „obrysowującego” linie graficzne próbek. Istnieje jedynie sugestia, aby „obrysowywać” próbki, poczynając od punktu początkowego kreślenia linii graficznej. Decyzję o usytuowaniu kolejnych punktów wieloboku „obrysu” pozostawiono ekspertom i tutaj występuje dość duża dowolność i subiektywizm. Dlatego twórcy oprogramowania dokładają starań, aby kolejne wersje programów podnosiły

poziom obiektywizmu procesu badawczego, podwyższając kategoryczność wydawanych opinii. Trzeba jednak jasno stwierdzić, że do tej pory nie ma i najprawdopodobniej długo nie będzie aplikacji, w której proces weryfikacji zgodności zapisów byłby całkowicie niezależny od wiedzy i doświadczenia posługującego się nią eksperta. Idealna aplikacja, chętnie widziana w badaniach pismoznawczych (ale także wszędzie tam, gdzie potrzebna jest weryfikacja podpisów), to taka, w której rola eksperta ograniczałaby się do przygotowania próbek materiałów dowodowego i porównawczego, wprowadzenia ich do aplikacji, jej uruchomienia i oczekiwania na werdykt (zgodności lub niezgodności), jaki wyda odpowiednio zaprogramowana maszyna. Autorzy niniejszego artykułu podjęli taką próbę, a jej rezultatem jest kolejna wersja programu GRAFOTYP. Jest to wersja 3.0. W tej wersji komputer wyręcza użytkownika programu z obowiązku wskazywania na ekranie wierzchołków „obrysu” linii graficznej, jak również wyznaczania przekątnych. Dzięki temu każdy ekspert badający konkretny zestaw próbek powinien uzyskać identyczny wynik.

Zasady i warunki automatycznej (bez udziału eksperta) detekcji konturu linii graficznej i wyznaczania jej punktów skrajnych (gabarytowych)

Warunkiem automatycznego rozpoznawania linii graficznej jest jej czarny kolor na jednorodnym, białym tle, bez żadnych zanieczyszczeń. Uzyskanie takiej próbki jest możliwe w procesie binaryzacji obrazu, czyli transformacji map bitowych obrazów do postaci binarnej – zawierającej wyłącznie piksele czarne i białe, bez żadnych pośrednich odcieni szarości. Tylko w takim przypadku komputer jest w stanie „wykryć” linię graficzną. Algorytm jest bardzo prosty. Podczas badania koloru każdego piksela mapy bitowej próbki (próbka jest obrazem rastrowym zapisanym w popularnych formatach „jpg”, „bmp” lub „tif”) piksele białe są ignorowane jako należące do tła, a piksele czarne identyfikują badaną linię graficzną. W tak przygotowanej próbce znalezienie współrzędnych punktów skrajnych (gabarytowych) linii graficznej jest również bardzo łatwe. Przeszukując bitmapę próbki od strony lewej, pierwszy napotkany piksel koloru czarnego oznacza się jako punkt „skrajny lewy”, pierwszy czarny napotkany od strony prawej to „skrajny prawy”. Analogicznie odnajdywane są punkty „skrajny górny” i „skrajny dolny”. Mając zatem linię graficzną zidentyfikowaną przez jej punkty gabarytowe, komputer może samoczynnie, bez ingerencji użytkownika, określić potrzebne parametry badanego zapisu. Jednak próbki zapisów występujące realnie w codziennej praktyce eksperckiej z reguły nie spełniają opisanego

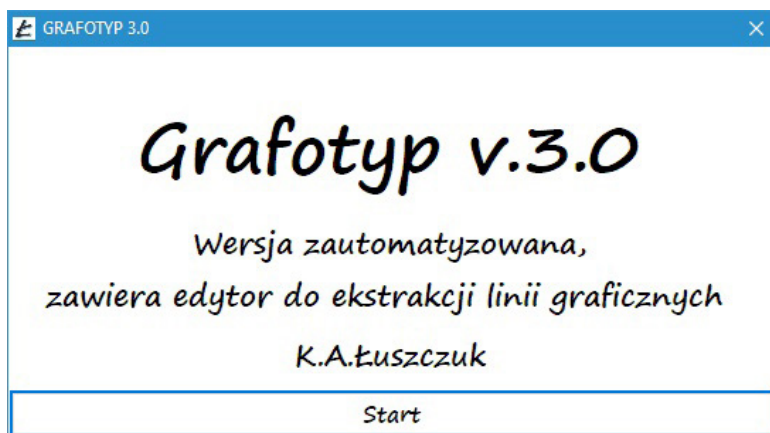
wyżej warunku. Najczęściej mają one tło linii graficznej „zanieczyszczone” elementami zbędnymi (rubrykami, odciskami pieczętek, różnymi zapisami, dopiskami, a czasem zwykłymi kleksami czy też innymi plamami). Dopiero edycja takich próbek, polegająca na ekstrakcji linii graficznej w celu uzyskania białego tła, umożliwia ich automatyczne badanie. Edycję tła można przeprowadzić w dowolnym edytorze grafiki (np. Photoshop, GIMP, Paint, CorelDRAW, Edytor lub innym). Ponieważ nie każdy użytkownik ma dostęp do edytorów grafiki, program GRAFOTYP v.3.0 jest wyposażony we własny edytor (o czym piszemy w dalszej części artykułu), za pomocą którego bez „wychodzenia” z programu można w trakcie badania dostosować próbki do wymagań automatycznej detekcji linii graficznych. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że próbki zapisów powstałe na ekranach dotykowych (Tab. tach) ze swej natury mają białe tło i do ich badania opisane wyżej zabiegi edycyjne nie są potrzebne.

Proces badawczy i komunikat weryfikacyjny zgodności zostanie wygenerowany samoczynnie (bez udziału eksperta).

Opis programu GRAFOTYP v.3.0

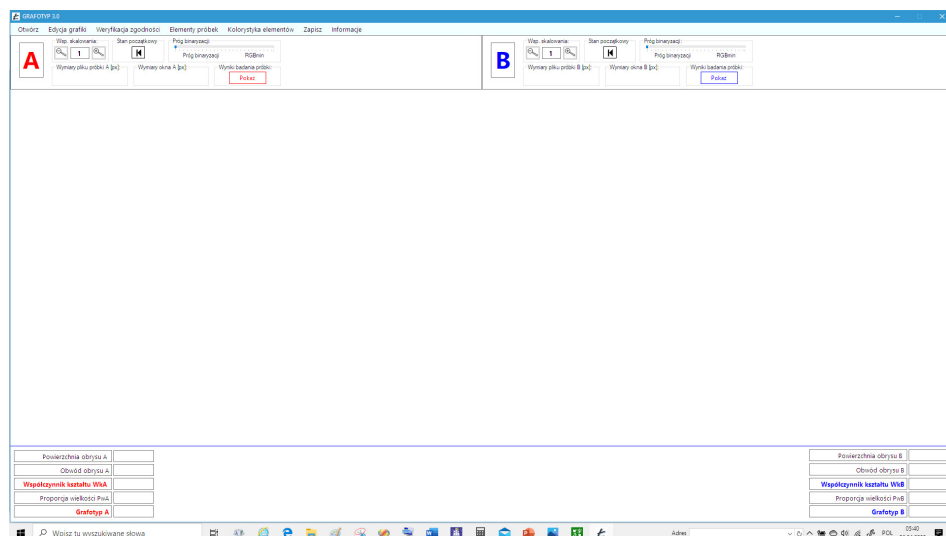
Poniżej na ryc. 4 pokazano okno startowe programu.

Ryc. 4. Okno startowe programu GRAFOTYP v.3.0



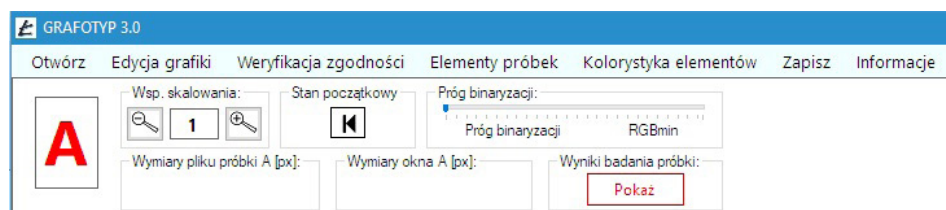
Źródło: opracowanie własne.

Naciśnięcie przycisku „Start” uruchamia program, wyświetlając jego główne okno.

Ryc. 5. Okno główne programu

Źródło: opracowanie własne.

Interfejs w dużym zmniejszeniu, pokazany na ryc. 5, zawiera dwie symetryczne części, jedną przeznaczoną dla próbki A, drugą dla próbki B. Z powodu zmniejszenia interfejs jest słabo czytelny, ale na ryc. 5 chodziło jedynie o pokazanie w całości jego ogólnego widoku. Poniżej na ryc. 6 przedstawiono, już w czytelnej wielkości, menu programu oraz zestaw narzędzi dla próbki A (identyczne istnieją dla próbki B).

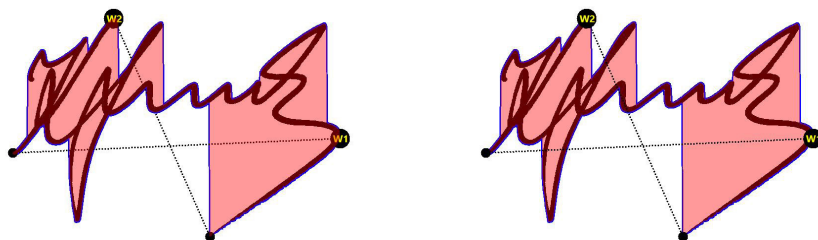
Ryc. 6. Menu programu oraz zestaw narzędzi dla badania próbki A

Źródło: opracowanie własne.

Ekspert ma do wykonania (oprócz otworzenia próbek) tylko dwie czynności (dla każdej próbki). Po pierwsze, za pomocą suwaka w ramce „Próg

binaryzacji” powinien ustalić jego wartość⁵. Druga czynność to kliknięcie przycisku „Pokaż” w ramce „Wyniki badania próbek”, których obraz graficzny przedstawiono na ryc. 7.

Ryc. 7. Graficzny rezultat badania próbek A i B



Źródło: opracowanie własne.

Warto zwrócić uwagę, że są to te same dwa podpisy, których „obrysy”, wyznaczone manualnie, zaprezentowano na początku artykułu na ryc. 1. Wieloboki „obrysu” o skończonej, niedużej liczbie wierzchołków zastąpione zostały figurą, która dokładnie obrysowuje wszystkie (a nie tylko wybrane przez eksperta) piksele linii graficznej. Odcinki łączące skrajne punkty dla obliczenia proporcji wielkości również wygenerowane zostały przez komputer. Wszystko odbyło się bez udziału ludzkiej ręki z wyeliminowaniem dowolności w lokalizacji punktów wierzchołkowych.

Co oczywiste, w tym konkretnym przypadku, ponieważ badano zgodność identycznych podpisów, wyniki liczbowe badania powinny w sposób jednoznaczny i kategoryczny potwierdzać ich zgodność (100%), co pokazano na ryc. 8 i ryc. 9.

⁵ Domyślny próg binaryzacji to 255 – RGBmin. Przesuwając suwak „Próg binaryzacji” w lewo lub prawo (można to przeprowadzać wielokrotnie), użytkownik powinien ustalić wartość progu stosownie do potrzeb prowadzonej analizy, pamiętając, aby analizie była poddawana czarna linia graficzna na białym tle. W procesie binaryzacji wszystkie piksele obrazu o RGB wyższym od progu binaryzacji (czyli jaśniejsze) otrzymują kolor biały, pozostałe zaś kolor czarny. Niepełnienie tego warunku skutkuje całkowicie błędnymi wynikami badania.

Ryc. 8. Liczbowe wyniki przeprowadzonego badania

Powierzchnia obrysu A	117172	Powierzchnia obrysu B	117172
Obwód obrysu A	2892	Obwód obrysu B	2892
Współczynnik kształtu WkA	1,4	Współczynnik kształtu WkB	1,4
Proporcja wielkości PwA	0,73	Proporcja wielkości PwB	0,73
Grafotyp A	1,02	Grafotyp B	1,02

Źródło: opracowanie własne.

Ryc. 9. Weryfikacja zgodności

Zgodność współczynników kształtu Wk: 100,00%

Zgodność proporcji Pw: 100,00%

Zgodność Grafotypów: 100,00%

Weryfikacja POZYTYWNA

Szczegóły

Źródło: opracowanie własne.

Warto zwrócić uwagę, że w tej wersji programu nie występuje korelacja rangowa. Jest po prostu zbędna, ponieważ obrys nie jest wielobokiem, w którym bada się następstwo długości boków (por. ryc. 3), lecz nieregularną figurą niemającą cech wieloboku. Naciśnięcie przycisku „Szczegóły” wyświetla okno z kompletem wyników liczbowych przeprowadzonej analizy.

Ryc. 10. Szczegółowe, liczbowe wyniki analizy z możliwością zapisu do pliku tekstowego

GRAFOTYP wersja 3.0.0 auto		
Data wykonania: 06.04.2020		Godzina wykonania: 05:58:57
Wyniki analizy zgodności próbek		
Parametr	Próbka A	Próbka B
Najciemniejszy piksel RGBmin	47	47
Próg binaryzacji szRGB	150	150
Wielkość pliku [px]	543 x 310 = 168330	543 x 310 = 168330
Powierzchnia obrysu próbki	Fa = 117172	Fb = 117172
Obwód obrysu próbki	Fa = 2892	Fb = 2892
Współczynnik kształtu	Wka = 1,4	Wkb = 1,4
Proporcja wielkości	Fwa = 0,73	Fwb = 0,73
Grafotyp	Ga = 1,02	Gb = 1,02
Zgodność współ. kształtu	ZWk = 100,00%	
Zgodność proporcji wielkości	ZPw = 100,00%	
Zgodność Grafotypów	ZG = 100,00%	
Weryfikacja POZYTYWNA		
Anuluj		Zapisz wyniki

Źródło: opracowanie własne.

Warto także zwrócić uwagę na dwie pozycje menu programu, a mianowicie „Kolorystyka elementów” oraz „Elementy próbek”. Wybranie pierwszej z nich generuje okno przedstawione na ryc. 11, dające możliwość zmiany kolorystyki linii obrysu, koloru wypełnienia, koloru odcinków W1 i W2 oraz grubości linii.

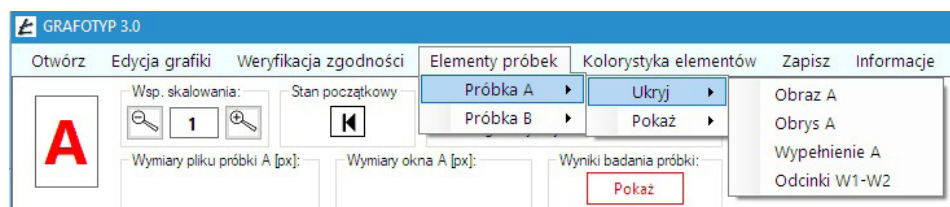
Ryc. 11. Możliwości zmiany kolorystyki i geometrii elementów graficznych analizy



Źródło: opracowanie własne.

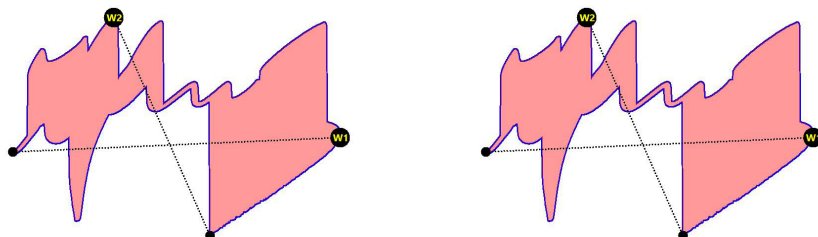
Wybór opcji „Elementy próbek” (zob. ryc. 12) daje użytkownikowi możliwości ukrywania (pokazywania) elementów graficznych po przeprowadzeniu analizy.

Ryc. 12. Możliwości ukrywania/pokazywania elementów graficznych analizy



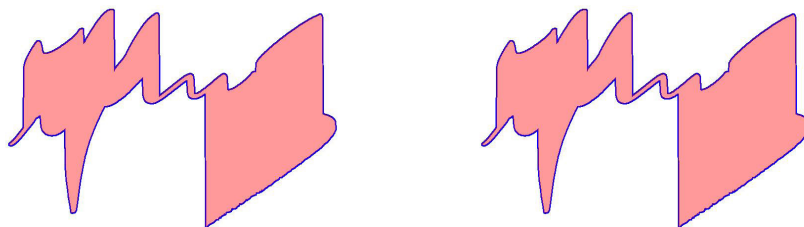
Źródło: opracowanie własne.

Opcja ta jest szczególnie przydatna w wizualnej ocenie rezultatów badania, gdyż umożliwia użytkownikowi obejrzenie każdego elementu graficznego oddzielnie, co poprawia czytelność i ułatwia ich porównanie. Na przykład na ryc. 13 pokazano wypełnione kolorem kontury obrysów badanych próbek oraz odcinki W1 i W2, ukrywając linie graficzne.

Ryc. 13. Obrisy badanych podpisów (linie graficzne zostały ukryte)

Źródło: opracowanie własne.

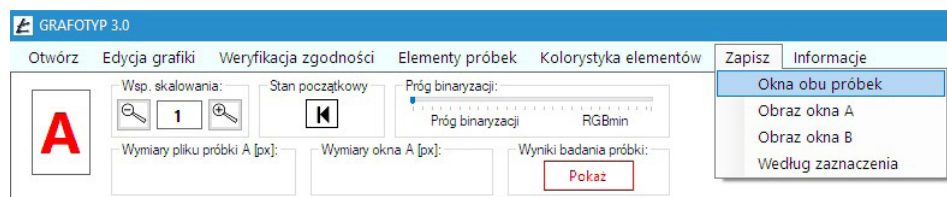
Natomiast na ryc. 14 pozostawiono tylko wypełnione kolorem obrisy konturów linii graficznych badanych próbek.

Ryc. 14. Obrisy badanych podpisów (linie graficzne i odcinki W1 i W2 zostały ukryte)

Źródło: opracowanie własne.

Poniżej na ryc. 15 przedstawiono opcje zapisu graficznych elementów analizy w formacie „jpg” w dowolnym folderze wskazanym przez użytkownika.

Ryc. 15. Opcje zapisu graficznych elementów analizy

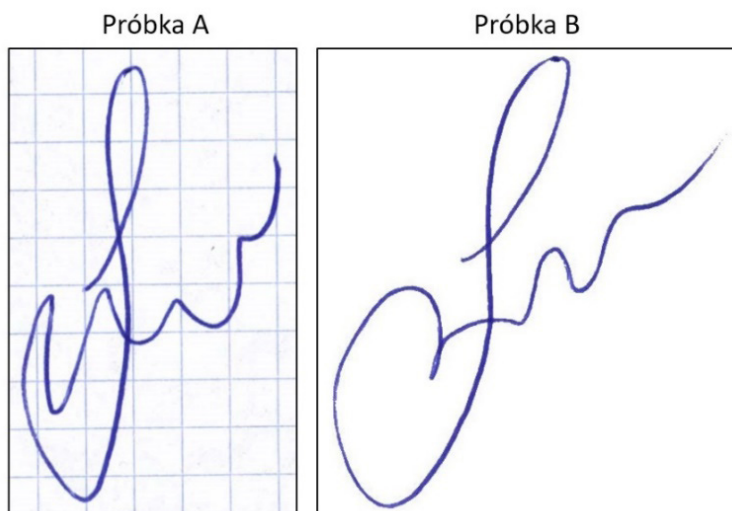


Źródło: opracowanie własne.

Przykładowa analiza w programie GRAFOTYP v.3.0

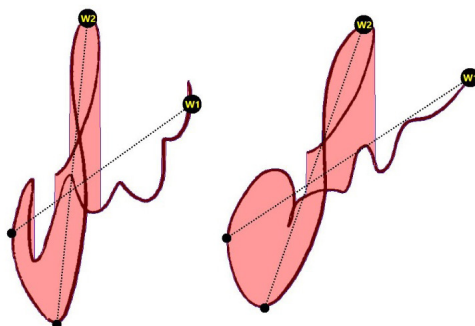
Powyżej omówiono działanie programu, opisując procedurę porównania dwóch identycznych podpisów, co musiało się zakończyć 100-procentową zgodnością. Porównanie to ma charakter DEMO i w żadnym wypadku nie jest przykładem prawdziwej analizy. Poniżej na ryc. 16 zaprezentowano dwie parafy, których zgodność zweryfikowano w programie GRAFOTYP v.3.0, tym razem w autentycznej analizie.

Ryc. 16. Przykładowe parafy poddane analizie zgodności



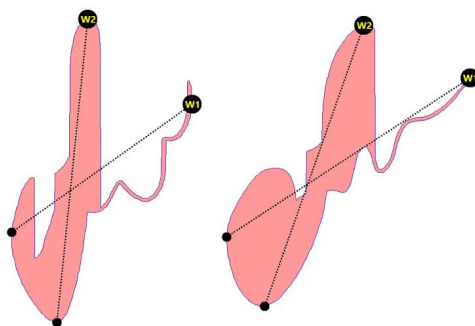
Źródło: opracowanie własne.

Po ustaleniu przez użytkownika progu binaryzacji uzyskano wynik, którego grafikę przedstawiono na ryc. 17.

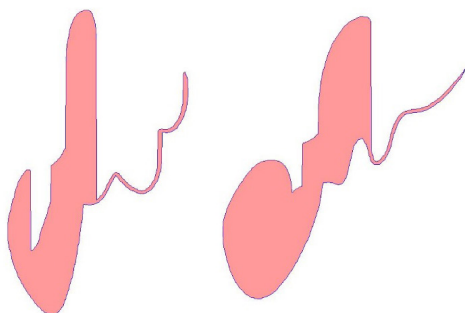
Ryc. 17. Przykładowe parafy poddane analizie zgodności

Źródło: opracowanie własne.

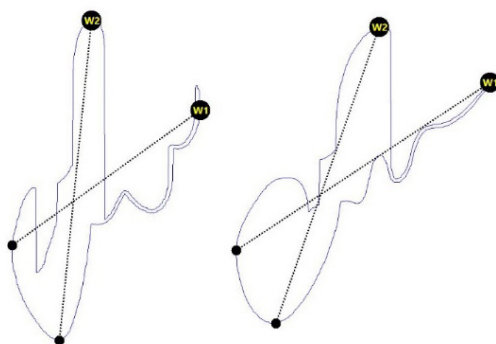
Warto zwrócić uwagę, że w próbce „A” bez żadnych dodatkowych zabiegów „zniknęło” kratkowane tło. Ściślej mówiąc, tło nie „zniknęło”, ale w wyniku binaryzacji kolor pikseli tworzących „kratkę” (który ma RGB wyższy od progu binaryzacji) został zastąpiony kolorem białym, o czym wspomniano wcześniej. Na ryc. 18, 19 i 20 ukazano możliwość oddzielnego porównania grafiki poszczególnych parametrów.

Ryc. 18. Wynik porównania próbek (z ukrytymi liniami graficznymi)

Źródło: opracowanie własne.

Ryc. 19. Wynik porównania konturów próbek (inne parametry ukryte)

Źródło: opracowanie własne.

Ryc. 20. Wynik porównania odcinków W1 i W2

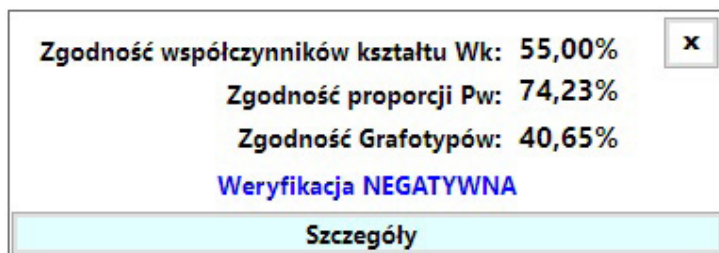
Źródło: opracowanie własne.

Na ryc. 21 pokazano liczbowe wielkości parametrów analizy zgodności, natomiast na ryc. 22 końcowy komunikat podsumowujący weryfikację zgodności.

Ryc. 21. Liczbowe wielkości parametrów analizy

Powierzchnia obrysu A	57792	Powierzchnia obrysu B	74961
Obwód obrysu A	2556	Obwód obrysu B	2165
Współczynnik kształtu WkA	0,88	Współczynnik kształtu WkB	1,6
Proporcja wielkości PwA	0,72	Proporcja wielkości PwB	0,97
Grafotyp A	0,63	Grafotyp B	1,55

Źródło: opracowanie własne.

Ryc. 22. Komunikat końcowy o wynikach weryfikacji

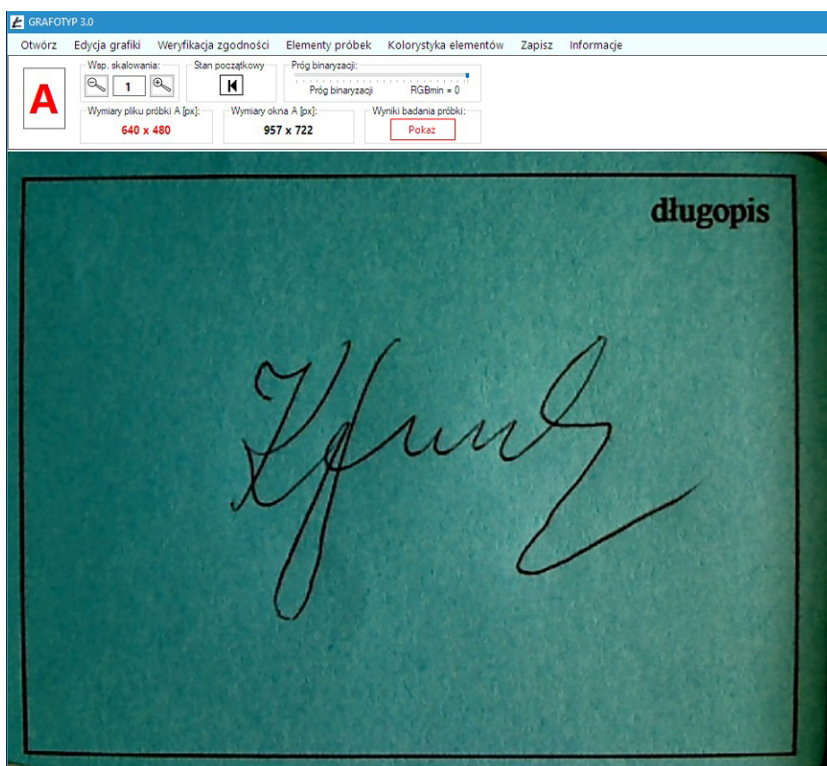
Źródło: opracowanie własne.

Możliwości edycji próbek w programie GRAFOTYP v.3.0

W opisywanym powyżej przykładzie analizy paraf w jednej z nich (konkretnie w parafie A) zabieg binaryzacji spowodował usunięcie tła, co pozwoliło na automatyczne badanie próbki. Było to możliwe dzięki temu, że kolor krutek stanowiących tło jest zdecydowanie jaśniejszy od koloru linii graficznej parafy (RGB koloru kratki był wyższy od RGB koloru linii, co umożliwiło filtrację kolorów). Nie zawsze (a raczej często) bywa inaczej, często bowiem zabieg binaryzacji nie pozwoli na uzyskanie białego tła. W skrajnych przypadkach (gdy RGB elementów przeznaczonych do usunięcia jest zbliżony do RGB koloru linii graficznej) próba przeprowadzenia binaryzacji zakończy się usunięciem wraz z tłem także linii graficznej, co całkowicie uniemożliwi analizę. W takiej sytuacji jedynym rozwiązaniem jest skorzystanie przed rozpoczęciem analizy z jakiegoś zewnętrznego edytora grafiki i dopiero po uzyskaniu w próbce białego tła skierowanie jej do analizy. Wspomniano o tym wcześniej. Mając jednak na względzie fakt, że nie każdy ekspert pismoznawca posiada oprogramowanie dające możliwość edycji grafiki, wyposażono wersję 3.0 GRAFOTYPU w jego

własny edytor, który pozwoli dokonać „ekstrakcji” linii graficznej i nadać jej białe tło. Decyzja, czy korzystać z edytora „zewnętrznego”, czy też z edytora rezydentnego, należy do eksperta. Poniżej na ryc. 23 przedstawiono próbkę, która bez edycji tła nie nadaje się do automatycznej analizy. Można jednak przeprowadzić edycję w edytorze⁶ zaimplementowanym do GRAFOTYPU v.3.0.

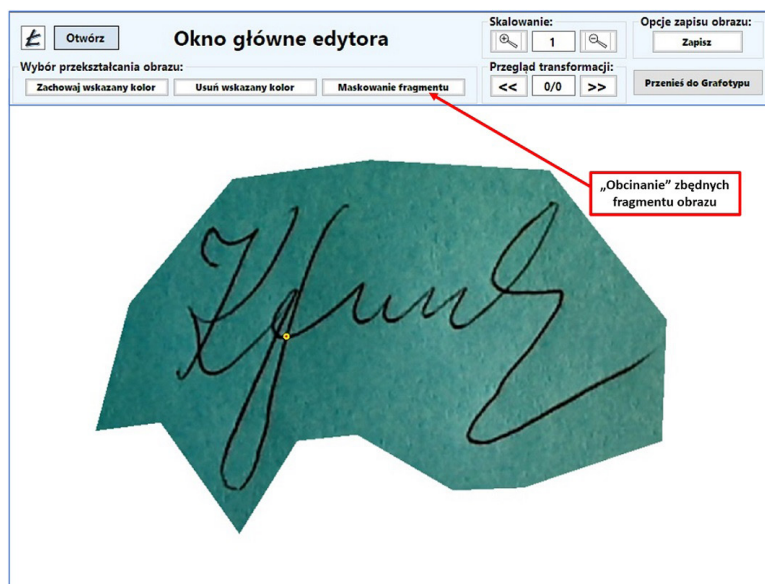
Ryc. 23. Próbką wymagająca ekstrakcji linii graficznej



Źródło: opracowanie własne.

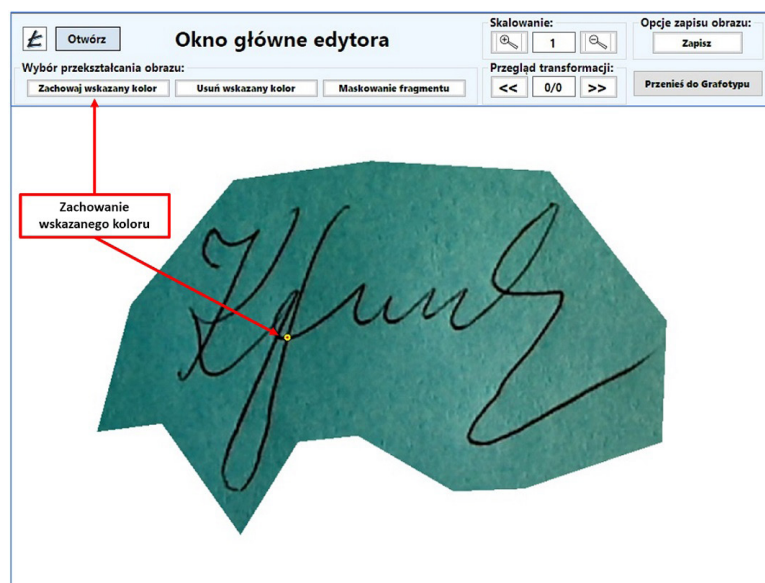
Po wybraniu z menu opcji „Edycja grafiki” otwiera się okno edytora, do którego „przenoszona” jest próbka wskazana przez użytkownika (zob. ryc. 24). Od tego momentu program GRAFOTYP v.3.0 jest chwilowo niewidoczny (pracuje w tle).

⁶ Do ekstrakcji linii graficznej próbek zaimplementowano zmodyfikowany program Edytor, którego jesteśmy współautorami. Dystrybutorem programu Edytor, który można nabyć jako oddzielną aplikację, jest Instytut Kryminalistyki Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego.

Ryc. 24. Próbkę w edytorze grafiki (usuwanie zbędnych elementów)

Źródło: opracowanie własne.

W głównym oknie edytora, wybierając opcję „Maskowanie fragmentu”, usuwamy niepotrzebne elementy obrazu, „zamalowując” je białym kolorem. Następnie wybieramy opcję „Zachowaj wskazany kolor” i wskazujemy punkt na linii graficznej, którego kolor zostanie zachowany (ryc. 25).

Ryc. 25. Próbkę w edytorze grafiki (zachowanie wskazanego koloru)

Źródło: opracowanie własne.

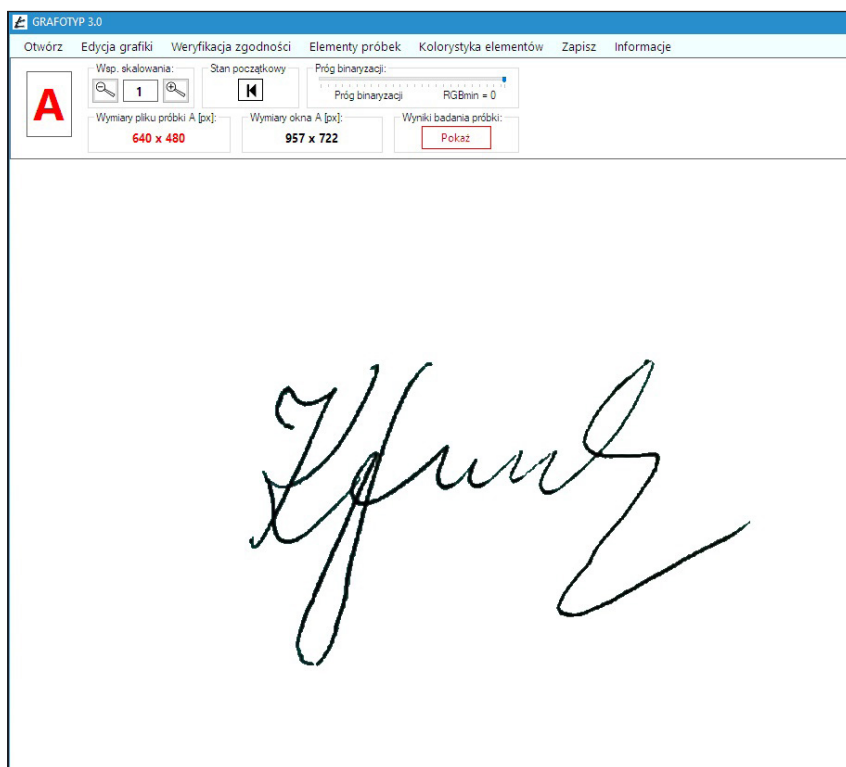
W wyniku działania opcji „Zachowaj wskazany kolor” płaszczyzna zielonego koloru z ryc. 25 zostaje zastąpiona kolorem białym, a na obrazie pozostaje czysta linia graficzna, co pokazano na ryc. 26.

Ryc. 26. Próbkę w edytorze grafiki (powrót do analizy w GRAFOTYPIE)

Źródło: opracowanie własne.

Jeśli użytkownik uzna, że wynik ekstrakcji linii graficznej jest zadowalający i nie wymaga korekty, wybór przycisku „Przenieś do Grafotypu” zamyka edytor, a obraz próbki w nowej „szacie” graficznej z powrotem trafia do GRAFOTYPU v.3.0, gdzie może być przeprowadzona analiza (zob. ryc. 27).

Ryc. 27. Próbką ponownie w GRAFOTYPIE gotowa do analizy po ekstrakcji linii graficznej



Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Z treści artykułu wynika, że ekspert pismoznawca, korzystając z programu GRAFOTYP v.3.0, ma niewielki wpływ na sam proces weryfikacji zgodności badanych zapisów. Komputer wyręcza go we wszystkich zasadniczych czynnościach, znacznie powiększając obiektywizm analizy porównawczej. Oznacza to jednak zdecydowaną zmianę akcentów w zakresie pracy eksperta. Ciężar gatunkowy przenosi się z analizy jako takiej

na proces przygotowania próbek. Właściwe ich przygotowanie, oparte na wiedzy i doświadczeniu eksperckim, przy równoczesnym zobiektywizowaniu analizy przez zaproponowane oprogramowanie z pewnością podniesie kategoryczność wydawanych orzeczeń.

Bibliografia

Literatura

- Domański C., Pruska K., *Nieklasyczne metody statystyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2000.
- Goc M., *Współczesny model ekspertyzy pismoznawczej. Wykorzystanie nowych metod i technik badawczych*, Volumina.pl, Warszawa–Szczecin 2015.
- Goc M., Goc-Ryszawa B., Łuszczuk A., Łuszczuk K., *Grafotyp – program komputerowy wspomagający ekspertyzę pismoznawczą*, „Człowiek i Dokumenty” 2013, nr 30.
- Goc M., Łuszczuk A., Łuszczuk K., Tomaszewski T., *Wykorzystanie grafometrii komputerowej w badaniach identyfikacyjnych pisma ręcznego i podpisów – komunikat z realizacji projektu rozwojowego*, w: Z. Kegel, R. Cieśla (red.), *Znaczenie aktualnych metod badań dokumentów w dowodzeniu sądowym. Materiały XIV Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma*, Katedra Kryminalistyki, Wydział Prawa, Ekonomii i Administracji, Wrocław 2010.
- Koziczak A., *Metody pomiarowe w badaniach pismoznawczych*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 1997.
- Leśniak M., *Wartość dowodowa opinii pismoznawczej*, B.S. Training, Pińczów 2012.
- Łuszczuk A., Łuszczuk K., *Grafometria komputerowa*, w: E. Gruza, M. Goc, T. Tomaszewski (red.), *Co nowego w kryminalistyce – przegląd zagadnień z zakresu zwalczania przestępczości*, Stowarzyszenie Absolwentów Wydziału Prawa i Administracji UW, Warszawa 2010.
- Moszczyński J., *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2011.

Inne

Grafotyp. Praca naukowa finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków na naukę w latach 2009–2011 jako projekt rozwojowy nr OR 00003807 – przewodnik po programie; autorzy: A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, konsultacja naukowa T. Tomaszewski, M. Goc, M. Broniarz (wersja elektroniczna, niepublikowana).

Krystyn Łuszczuk

Institute of Forensic Science PFA Ltd

ORCID 0000-0002-3438-4167

Andrzej Łuszczuk

Institute of Forensic Science PFA Ltd

ORCID 0009-0005-9398-5666

GRAFOTYP V.3.0, OR CHANGING THE ROLE OF THE EXPERT

Summary

The article presents the evolution of the GRAFOTYP program, which is a part of a package of computer programs called “GLOBALGRAF – I”, supporting and partially objectifying handwriting identification studies to its GRAFOTYP-3.0 version. The GRAFOTYP program was a development and complement of graphometric methods previously used in handwriting research. In the previous versions of the programme, an important role was played by the expert conducting the research. It was the latter, despite the imposed research rules, who ultimately determined the outline points on the samples analyzed in the program, which the program processed into parameters referred to as the aspect ratio and graphotype. In the new version, the subjectivity of the examiner in determining the contour points in the samples has been eliminated, which allows for uniform results regardless of the user. A key improvement is the introduction of automatic detection of graphic line contours, requiring image binarization. The program has an application in its menu - a graphic editor that allows you to “clean” samples from the background that makes it difficult for the “computer” to conduct analysis without the need to use external analogous tools. Despite the advanced automation of the program, the final interpretation of the test result is still based on the knowledge and experience of the expert who prepares the samples. It seems that the use of the GRAFOTYP 3.0 program may be a significant step towards further objectivization, which will become an important tool in the analysis of scholarly writings.

Keywords: Handwriting identification tests, computer-aided handwriting expertise, GRAFOTYP, GLOBALGRAF, KINEGRAF, RAYGRAF, SCANGRAF, handwriting research

Introduction

The well-known GRAFOTYP¹ program, which has been a component of the GLOBALGRAF² package for many years, is a computer graphometric application that allows comparing the compatibility of two records. As a reminder, the principle of this program is to “outline” the contour (which is an irregular polygon) of the record under study and calculate the area “F” of this polygon and its perimeter “P”. The quotient F/P^2 is called the form factor “Wk”. Then two diagonals of this polygon “W1” and “W2” are determined, connecting the most characteristic (according to the expert) points of the record. The quotient of these diagonals (the value of the smaller to the larger, that is, $W1/W2$ or $W2/W1$) is called the size ratio “Pw.” Finally, the product of the form factor “Wk” and the size ratio “Pw” gives the characteristic parameter for a given record called the Graphotype “G”. Thus, Graphotype is:

$$G = 100 * Wk * Pw$$

The multiplier of 100 was introduced to avoid fractional values (below unity) of the Graphotype that are inconvenient for interpretation and comparison. Calculation of Graphotypes for the two writing samples tested simultaneously, A and B, provides an opportunity to compare and determine their percentage agreement. The application also allows statistical verification of the results obtained³.

¹ GRAPHOTYP. Scientific work financed by the Ministry of Science and Higher Education with funds for science in 2009-2011 as development project No. OR 00003807 - program guide; authors: A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, scientific consultation T. Tomaszewski, M. Goc, M. Broniarz (electronic version). More extensively on this topic, among others: T. Tomaszewski, M. Goc, A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, *Computer-based graphometry - new quality in forensic analysis of handwriting*, in: *Criminalistics and Forensic Examination: Science, Studies, Practice*, part III, Lietuvos tesimo ekspertizės centras, Vilnius 2011, pp. 78-81; M. Goc, A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, T. Tomaszewski, *Wykorzystanie grafometrii komputerowej w badaniach identyfikacyjnych pisma ręcznego i podpisów – komunikat z realizacji projektu rozwojowego*, in Z. Kegel, R. Cieśla (eds.), *Znaczenie aktualnych metod badań dokumentów w dowodzeniu sądowym. Materiały XIV Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma*, Katedra Kryminalistyki, Department of Forensic Science, Faculty of Law, Economics and Administration, Wrocław 2010; pp. 94-96; M. Goc, B. Goc-Ryszawa, A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, *Grafotyp – program komputerowy wspomagający ekspertyzę pismoznawczą*, „Człowiek i Dokumenty” 2013, no. 30, pp. 65-70; M. Goc, *Współczesny model ekspertyzy pismoznawczej. Wykorzystanie nowych metod i technik badawczych*, Volumina.pl, Warsaw-Szczecin 2015, pp. 246-256; M. Lesniak, *Wartość dowodowa opinii pismoznawczej*, B.S. Training, Pinczow 2012, p. 82.

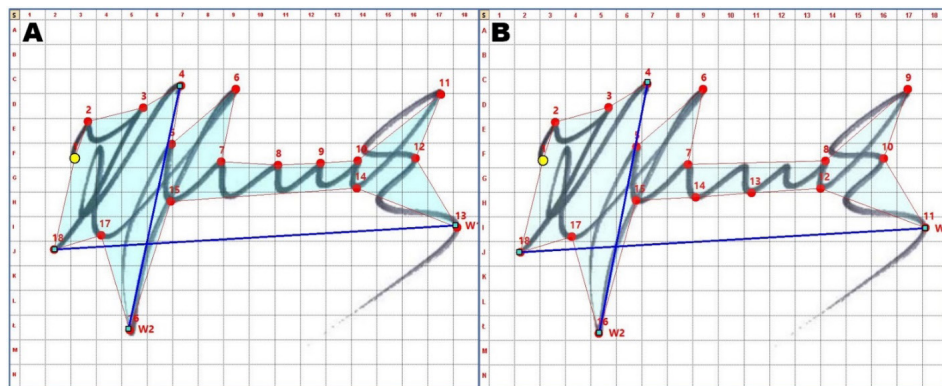
² GLOBALGRAF was developed in 2009-2011 as part of the project titled. *Development of program methodology and construction of a station for identification studies of writing and signatures using computer graphometry*, funded by the Ministry of Science and Higher Education. The project was a joint scientific and research endeavor of the Department of Forensic Science at the University of Warsaw and the Research and Training Center of the Polish Forensic Association (now the Institute of Forensic Science PTK). The package includes four programs: GRAPHOTYP, KINEGRAPH, RAYGRAPH and SCANGRAPH.

³ In the original version 1.0, the quantile test was used for statistical verification purposes, while in version 2.0 the quantile test was replaced by Spearman’s rank correlation. The version 3.0 discussed in this article does not require statistical verification. See also C. Domański, K. Pru-

Subjectivity in GRAFOTYP

Although all the current programs used to support scribal research reduce the subjectivity of research, they do not eliminate it⁴. This shortcoming does not bypass GRAFOTYP either. This is because both the vertices of the aforementioned polygon and its diagonals are determined by the expert (by clicking on selected signature points on the computer screen) based on his knowledge and experience. However, there is no guarantee that any expert examining a particular writing (signature) sample will do so identically. Thus, there is a possibility that a situation may arise in which different experts (e.g., living in different localities, working in different institutions), having the same research material, will give opposite opinions. Verification opinions based on the same research materials, on the other hand, should be consistent. To this end, discretion and subjectivity in taking certain actions must be reduced to a minimum (or preferably - eliminated) from the verification process. Below, Fig. 1 shows an excerpt from the interface of GRAFOTYP v.2.0, containing two identical signatures and their outline polygons, with the location of some sides of the polygons swapped intentionally (the numbers of sides in both polygons are identical).

Fig. 1. Very high similarity of sample outline polygons obtained with GRAFOTYP v.2.0 software



Source: own study.

ska, *Nieklasyczne metody statystyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warsaw 2000, pp. 204-206 and 212-213.

⁴ On subjectivity in forensic research, see, among others, J. Moszczyński, *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2011; A. Koziczak, *Metody pomiarowe w badaniach pismoznawczych*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Cracow 1997, pp. 125-132; M. Lesniak, op. cit. pp. 15, 52.

It is worth comparing the location of points numbered 7, 8, 9, 10 in sample A with points 12, 13, 14, 15 in sample B. The former are located above the middle member of the signature, while the latter are located below. Since the geometric shape of the depicted polygons is almost identical, and the diagonals (the blue segments in Fig. 1) connect identical points, the areas of the outlines, the perimeters of the outlines, the shape coefficients W_k , the proportions P_w , as well as the Graphotypes are very similar. Fig. 2 shows these quantities.


Fig. 2. Graphometric parameters after examination of the samples in Fig. 1

Powierzchnia obrysu A	F=121269	Powierzchnia obrysu B	F=121717
Obwód obrysu A	P=2899	Obwód obrysu B	P=2964
Współczynnik kształtu W_kA	1,44	Współczynnik kształtu W_kB	1,39
Proporcja wielkości P_wA	0,62	Proporcja wielkości P_wB	0,63
Grafotyp A	0,89	Grafotyp B	0,88

Source: own study.

Such a high numerical similarity in the values of these parameters should, in principle, prejudge the executive compatibility of the samples tested, since each of them contains the same signature. However, this is not the case. Fig. 3 shows the final message, which, despite the very high concordance of the aspect ratios (96.53%) and the concordance of the Graphotypes (98.88%), reports that the location of the subsequent sides of the contours is different. This is determined by a very low ($R = 0.294$) Spearman rank correlation coefficient, insignificant at $N = 18$ (number of sides) and $\alpha = 0.05$, which is a signal of inconsistency in the location of the sides of the “outline” of the samples (as mentioned earlier, drawing the reader’s attention to the intended differences in the location of points numbered 7, 8, 9, 10 in sample A and points 12, 13, 14, 15 in sample B).

Fig. 3. Verification message after testing the samples in Fig. 1

Wynik weryfikacji zgodności badanych próbek		
Zgodność współczynników kształtu	96,53 %	
Zgodność grafotypów	98,88 %	
Korelacja między długościami boków obrysów	R=0,294 nieistotna (N=18 $\alpha=0.05$)	
Pokaż szczegóły korelacji	Pokaż szczegóły weryfikacji	

Source: own study.

More specifically, this means that in identical samples, some contour sections were determined at different (differing) locations, which can result in conforming samples being considered nonconforming, and vice versa. In such a situation, it is not possible to give a categorical opinion on the compatibility of the tested samples. The inconsistency in the location of sections in specific research situations described above can arise for a number of reasons. Sometimes it can be simple carelessness on the part of the expert, sometimes inattention, sometimes indisposition, sometimes failure to read the instruction manual, and sometimes simple ignorance. Whatever the reason for such a significant variation in the location of the “contour” points of the samples, such a situation should not arise. Some “justification” may be the fact that there are no precise, unambiguous guidelines indicating where points should be located on the perimeter of the polygon “outlining” the graphic lines of the samples. There is only a suggestion to “outline” the samples, starting from the starting point of drawing the graphic line. The decision on the location of the subsequent points of the polygon “outline” was left to the experts, and here there is quite a lot of discretion and subjectivity. Therefore, developers are making efforts to ensure that successive versions of the software raise the level of objectivity of the research process, increasing the categorical nature of the opinions given. However, it must be made clear that to date there is not, and most likely will not be for a long time, an application in which the process of verifying the compliance of records is completely independent of the knowledge and experience of the expert using it. The ideal application, eagerly anticipated in scribal research (but also wherever signature verification is needed), would be one in which the expert’s role would be limited to preparing samples of evidence and comparison materials, entering them into the application, running it, and waiting for the verdict (conformance or non-conformance) to be given by an

appropriately programmed machine. The authors of this article have made such an attempt, and the result is another version of GRAFOTYP. This is version 3.0. In this version, the computer relieves the program user of the task of pointing to the vertices of the “outline” of the graphic line on the screen, as well as determining the diagonals. Thus, any expert examining a particular set of samples should get an identical result.

Principles and conditions of automatic (without the participation of an expert) detection of the contour of the graphic line and determination of its extreme (gabar) points

The prerequisite for automatic recognition of the graphic line is its black color on a uniform white background, without any contamination. Obtaining such a sample is possible through the process of image binarization, which is the transformation of bitmaps of images into binary form - containing only black and white pixels, without any intermediate shades of gray. Only then is the computer able to “detect” the graphics line. The algorithm is very simple. When examining the color of each pixel of the sample’s bitmap (the sample is a raster image saved in common “jpg”, “bmp” or “tif” formats), the white pixels are ignored as belonging to the background, and the black pixels identify the graphic line under examination. In such a prepared sample, finding the coordinates of the extreme (gabar) points of the graphic line is also very easy. Searching the sample bitmap from the left, the first black pixel encountered is labeled as the “extreme left” point, the first black encountered from the right is “extreme right.” Similarly, the “extreme top” and “extreme bottom” points are found. Thus, having the graphic line identified by its dimension points, the computer can automatically, without user intervention, determine the necessary parameters of the record under examination. However, samples of records occurring realistically in daily expert practice generally do not meet the condition described above. Most often they have a graphic line background “contaminated” with superfluous elements (rubrics, stamp impressions, various notations, additions, and sometimes simple blots or other stains). It is only by editing such samples, extracting the graphic line to obtain a white background, that they can be studied automatically. Background editing can be done in any graphics editor (e.g. Photoshop, GIMP, Paint, CorelDRAW, Editor or other). Since not every user has access to graphics editors, GRAFOTYP v.3.0 is equipped with its own editor (which we write about later in the article), with the help of which, without “leaving” the program, samples can be adjusted during the test to meet the requirements of automatic detection of graphic lines. It

is worth noting at this point that samples of records created on touch screens (Tab.ts) by their nature have a white background, and for their study the editing procedures described above are not needed.

The testing process and compliance verification message will be generated automatically (without the expert's involvement).

Description of GRAFOTYP v.3.0 program

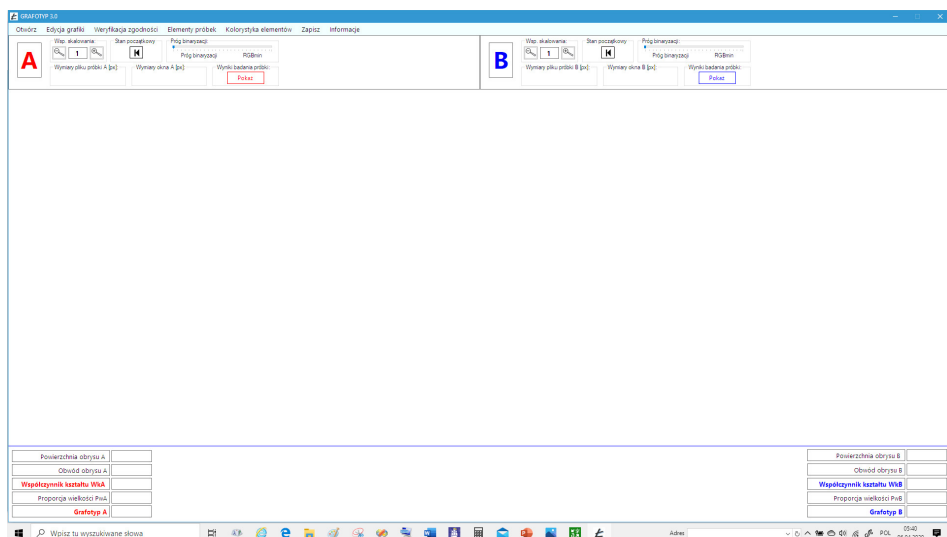
The program's startup window is shown below in Fig. 4.

Fig. 4. GRAFOTYP v.3.0 startup window



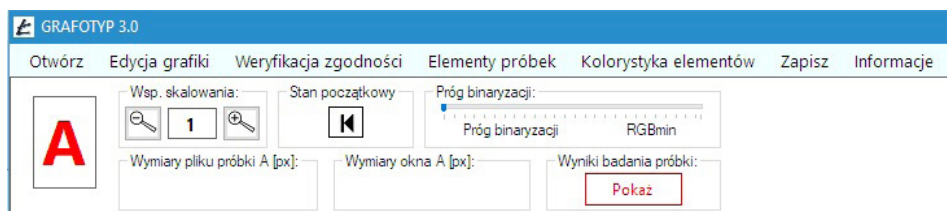
Source: own study.

Pressing the "Start" button starts the program, displaying its main window.

Fig. 5. Main window of the program

Source: own study.

The highly reduced interface, shown in Fig. 5, contains two symmetrical parts, one for sample A and the other for sample B. Because of the downsizing, the interface is poorly legible, but in Fig. 5 the intention was only to show its overall view in full. Below in Fig. 6 are shown, already in readable size, the program menu and toolkit for sample A (identical ones exist for sample B).

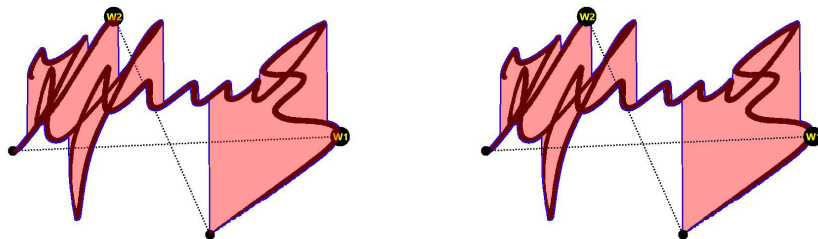
Fig. 6. Program menu and toolkit for examining sample A

Source: own study.

The expert has only two actions to perform (in addition to opening the samples) (for each sample). First, using the slider in the “Binarization

Threshold” box, he should set its value⁵. The second action is to click the “Show” button in the “Sample results” box, a graphic image of which is shown in Fig. 7.

Fig. 7. Graphical result of the study of samples A and B



Source: own study.

It is worth noting that these are the same two signatures whose “outlines,” determined manually, were presented at the beginning of the article in Fig. 1. The “outline” polygons with a finite, non-minor number of vertices have been replaced by a Fig. that accurately outlines all (not just the expert’s chosen) pixels of the graphic line. The segments connecting the extreme points for calculating the size ratio were also generated by a computer. Everything was done without the human hand with the elimination of arbitrariness in the location of vertex points.

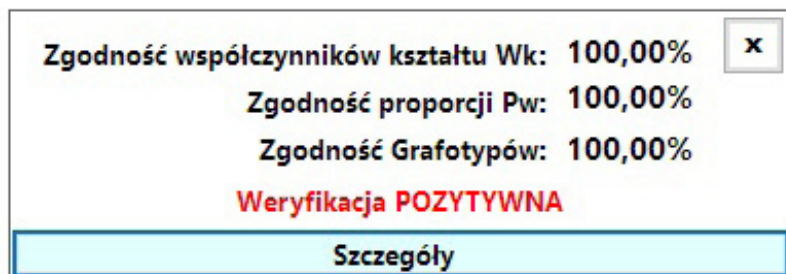
Clearly, in this particular case, since the compatibility of identical signatures was studied, the numerical results of the study should clearly and categorically confirm their compatibility (100%), as shown in Fig. 8 and Fig. 9.

⁵ The default binarization threshold is 255 -RGBmin. Moving the “Binarization Threshold” slider to the left or right (this can be carried out repeatedly), the user should set the threshold value according to the needs of the analysis to be carried out, remembering that the analysis should be a black graphic line on a white background. In the binarization process, all pixels of an image with an RGB higher than the binarization threshold (i.e., brighter pixels) are given the color white, while the rest are given the color black. Failure to meet this condition results in completely erroneous test results.

Fig. 8. Numerical results of the survey conducted

Powierzchnia obrysu A	117172	Powierzchnia obrysu B	117172
Obwód obrysu A	2892	Obwód obrysu B	2892
Współczynnik kształtu WkA	1,4	Współczynnik kształtu WkB	1,4
Proporcja wielkości PwA	0,73	Proporcja wielkości PwB	0,73
Grafotyp A	1,02	Grafotyp B	1,02

Source: own study.

Fig. 9. Verification of compliance

Source: own study.

It is worth noting that there is no rank correlation in this version of the program. It is simply superfluous, because the outline is not a polygon, in which the succession of side lengths is studied (cf. Fig. 3), but an irregular Fig. that does not have the characteristics of a polygon. Pressing the “Details” button displays a window with the complete numerical results of the analysis performed.

Fig. 10. Detailed, numerical results of the analysis with the possibility of saving to a text file

GRAFOTYP 3.0 - liczbowe wyniki analizy

GRAFOTYP wersja 3.0.0 auto		
Data wykonania:06.04.2020 Godzina wykonania:05:58:57		
Wyniki analizy zgodności próbek		
Parametr	Próbka A	Próbka B
Najciemniejszy piksel RGBmin	47	47
Próg binaryzacji szRGB	150	150
Wielkość pliku [px]	543 x 310 = 168330	543 x 310 = 168330
Powierzchnia obrysu próbki	Fa = 117172	Fb = 117172
Obwód obrysu próbki	Pa = 2892	Pb = 2892
Współczynnik kształtu	Wka = 1,4	Wkb = 1,4
Proporcja wielkości	Pwa = 0,73	Pwb = 0,73
Grafotyp	Ga = 1,02	Gb = 1,02
Zgodność współl. kształtu	ZWk = 100,00%	
Zgodność proporcji wielkości	ZPw = 100,00%	
Zgodność Grafotypów	ZG = 100,00%	
Weryfikacja POZYTYWNA		
Anuluj		Zapisz wyniki

Source: own study.

It is also worth noting two menu items of the program, namely “Element colors” and “Sample elements”. Selecting the first one generates the window shown in Fig. 11, giving the option to change the color of the outline line, the fill color, the color of the W1 and W2 sections, and the thickness of the line.

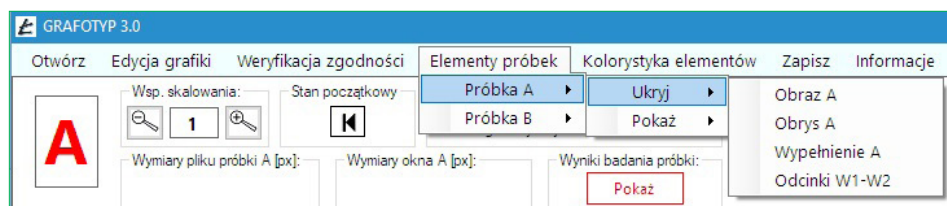
Fig. 11. Possibilities to change the color and geometry of the graphic elements of the analysis



Source: own study.

Selecting the “Sample Elements” option (see Fig. 12) gives the user options for hiding (showing) graphic elements after analysis.

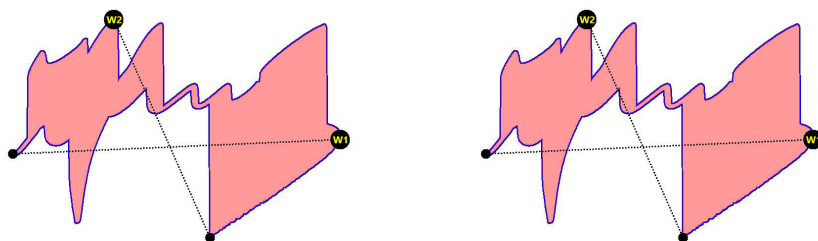
Fig. 12. Options for hiding/showing graphical elements of the analysis



Source: own study.

This option is particularly useful in visually evaluating the results of a study, as it allows the user to view each graphic element separately, which improves readability and facilitates their comparison. For example, Fig. 13 shows the filled-in in color the outlines of the test specimens and the W1 and W2 sections, hiding the graphic lines.

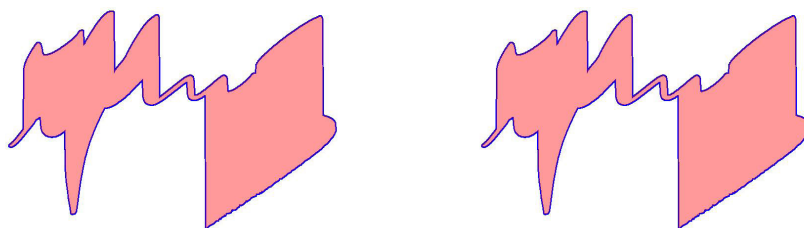
Fig. 13. Outlines of the signatures examined (graphic lines have been hidden)



Source: own study.

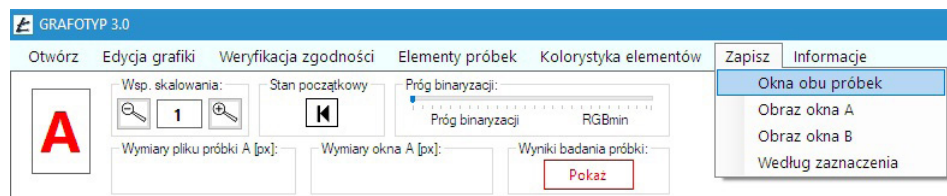
On the other hand, in Fig. 14, only the color-filled outlines of the outlines of the graphic lines of the test samples are left.

Fig. 14. Outlines of the studied signatures (graphic lines and sections W1 and W2 have been hidden)



Source: own study.

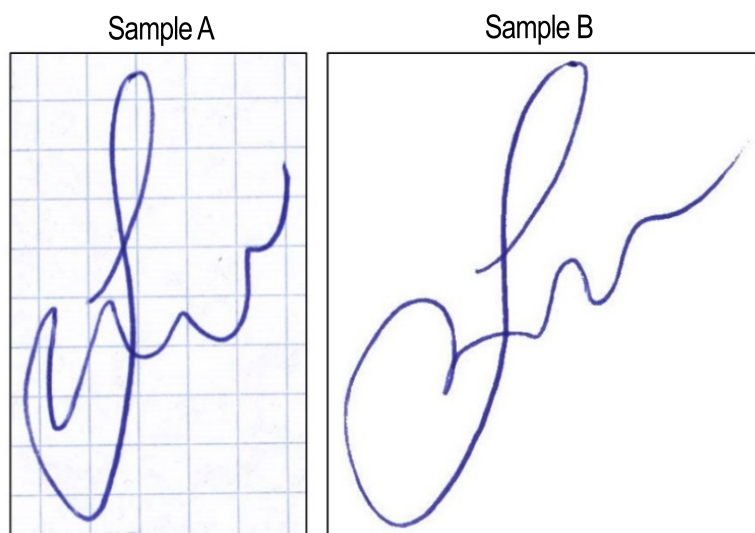
Below in Fig. 15 are the options for saving the graphical elements of the analysis in “jpg” format in any folder designated by the user.

Fig. 15. Options for recording graphic elements of the analysis

Source: own study.

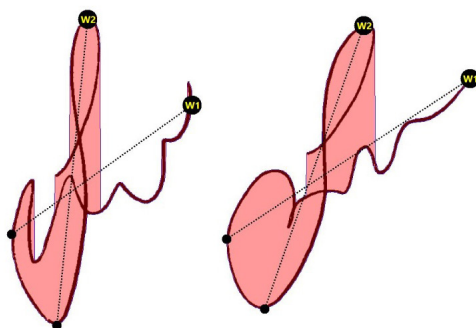
Example analysis in GRAFOTYP v.3.0 program

Above, we discussed the operation of the program, describing the procedure for comparing two identical signatures, which must have resulted in a 100% match. This comparison is DEMO in nature and is in no way an example of a true analysis. Presented below in Fig. 16 are two paraphrases whose correspondence was verified in GRAFOTYP v.3.0, this time in an authentic analysis.

Fig. 16. Examples of parfaits subjected to conformity analysis

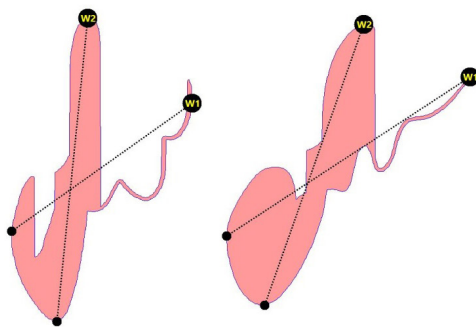
Source: own study.

After the user set the binarization threshold, the result was obtained, the graphic of which is shown in Fig. 17.

Fig. 17. Examples of parfaits subjected to conformity analysis

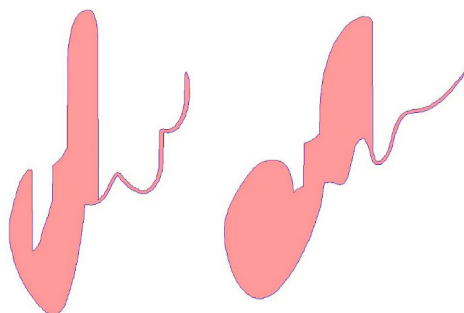
Source: own study.

It is worth noting that in the “A” sample, without any additional treatment, the checkered background “disappeared”. More precisely, the background did not “disappear,” but as a result of binarization, the color of the pixels forming the “grid” (which has an RGB higher than the binarization threshold) was replaced by white, as mentioned earlier. Figs 18, 19 and 20 show the possibility of separately comparing the graphics of each parameter.

Fig. 18. Result of sample comparison (with hidden graphic lines)

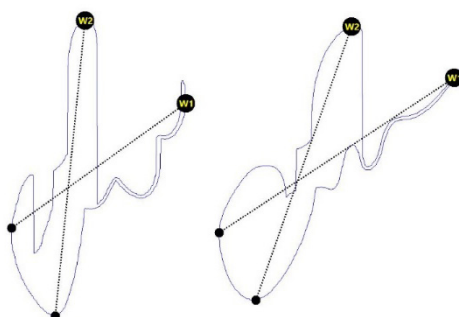
Source: own study.

Fig. 19. Result of sample contour comparison (other hidden parameters)



Source: own study.

Fig. 20. The result of comparing sections W1 and W2



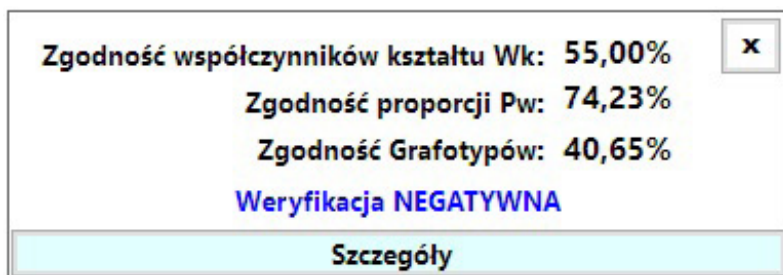
Source: own study.

Fig. 21 shows the numerical magnitudes of the compliance analysis parameters, while Fig. 22 shows the final message summarizing the compliance verification.

Fig. 21. Numerical magnitudes of analysis parameters

Powierzchnia obrysu A	57792	Powierzchnia obrysu B	74961
Obwód obrysu A	2556	Obwód obrysu B	2165
Współczynnik kształtu WkA	0,88	Współczynnik kształtu WkB	1,6
Proporcja wielkości PwA	0,72	Proporcja wielkości PwB	0,97
Grafotyp A	0,63	Grafotyp B	1,55

Source: own study.

Fig. 22. Final message on verification results

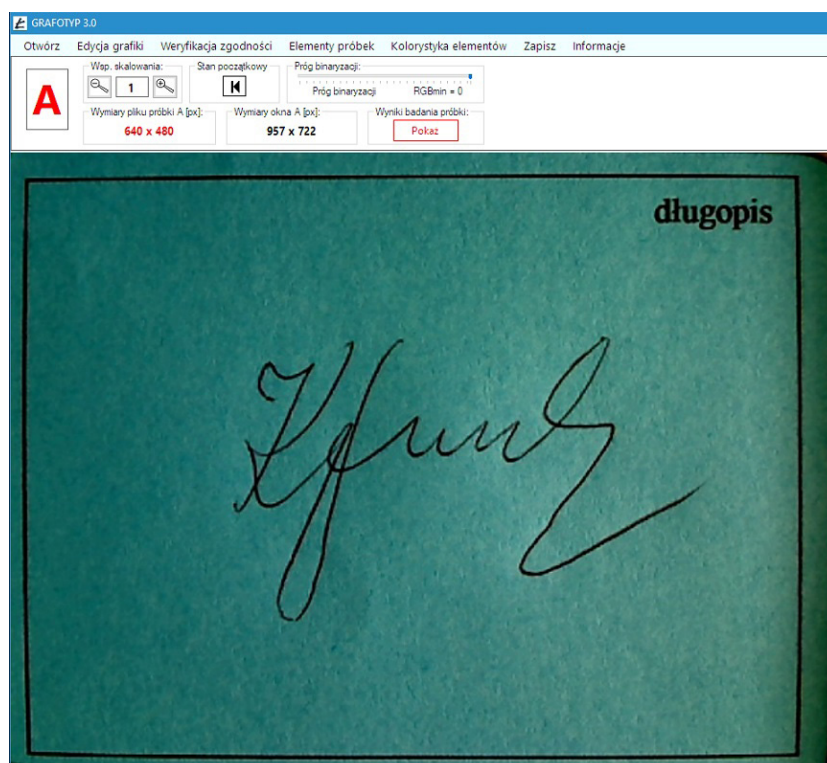
Source: own study.

Sample editing capabilities in GRAFOTYP v.3.0 software

In the parish analysis example described above, in one parish (specifically, parish A), the binarization procedure removed the background, allowing the sample to be automatically tested. This was possible due to the fact that the color of the grids constituting the background is much brighter than the color of the parfait graphic line (the RGB of the color of the grid was higher than the RGB of the line color, which made color filtering possible). This is not always (or rather, often) the case, as often the binarization procedure will not produce a white background. In extreme cases (when the RGB of the elements to be removed is close to the RGB of the color of the graphic line), an attempt to perform binarization will end up removing, along with the background, the graphic line as well, making analysis completely impossible. In such a situation, the only solution is to use some external graphics editor before starting the analysis, and only after obtaining a white background in the sample to direct it for analysis. This was mentioned earlier. However, taking into account the fact that not every scribal expert has software that

gives the ability to edit graphics, GRAFOTYP version 3.0 was equipped with its own editor, which will allow to make “extraction” of a graphic line and give it a white background. It is up to the expert to decide whether to use an “external” editor or a resident editor. Below in Fig. 23 is a sample that is not suiTab. for automatic analysis without background editing. However, it is possible to perform editing in the editor⁶ implemented into GRAFOTYP v.3.0.

Fig. 23. Sample requiring graphic line extraction



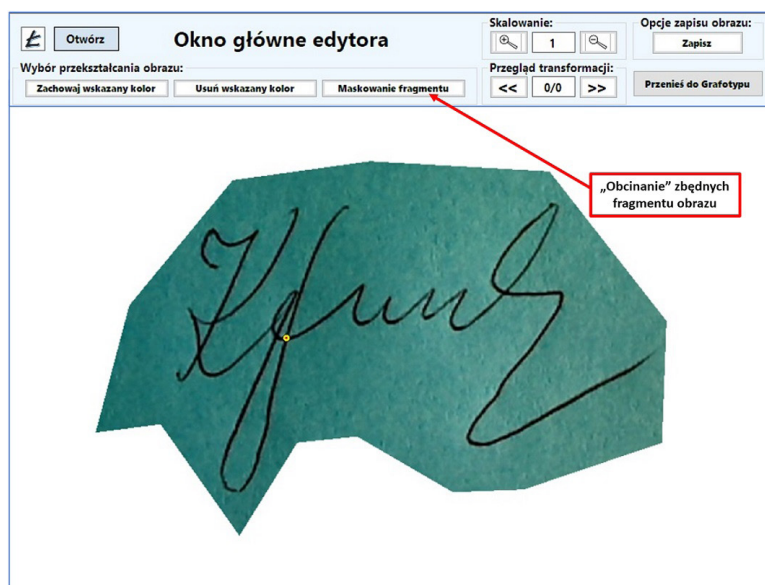
Source: own study.

After selecting “Edit Graphics” from the menu, an editor window opens, into which the sample indicated by the user is “transferred” (see Fig. 24).

⁶ A modified Editor program, which we co-authored, was implemented for extracting the graphic line of the samples. The distributor of the Editor program, which can be purchased as a separate application, is the Institute of Forensic Science of the Polish Forensic Association.

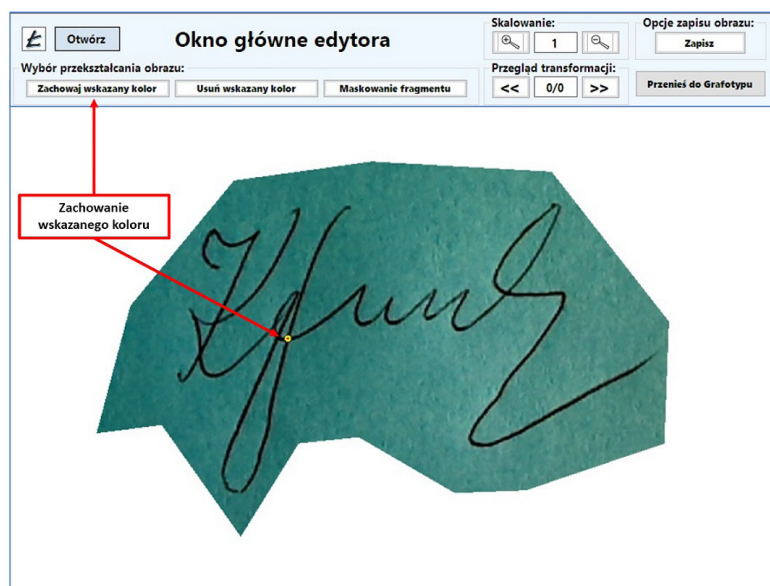
From this point on, GRAFOTYP v.3.0 is temporarily invisible (running in the background).

Fig. 24. Samples in the graphics editor (removing unnecessary elements)



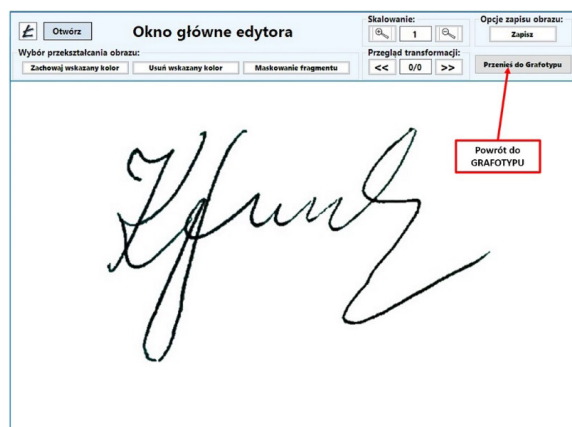
Source: own study.

In the main window of the editor, selecting the “Masking a fragment” option, we remove unnecessary elements of the image, “painting” them with white color. Next, we select the “Keep indicated color” option and indicate the point on the graphic line whose color will be kept (Fig. 25).

Fig. 25. Samples in the graphics editor (retaining the indicated color)

Source: own study.

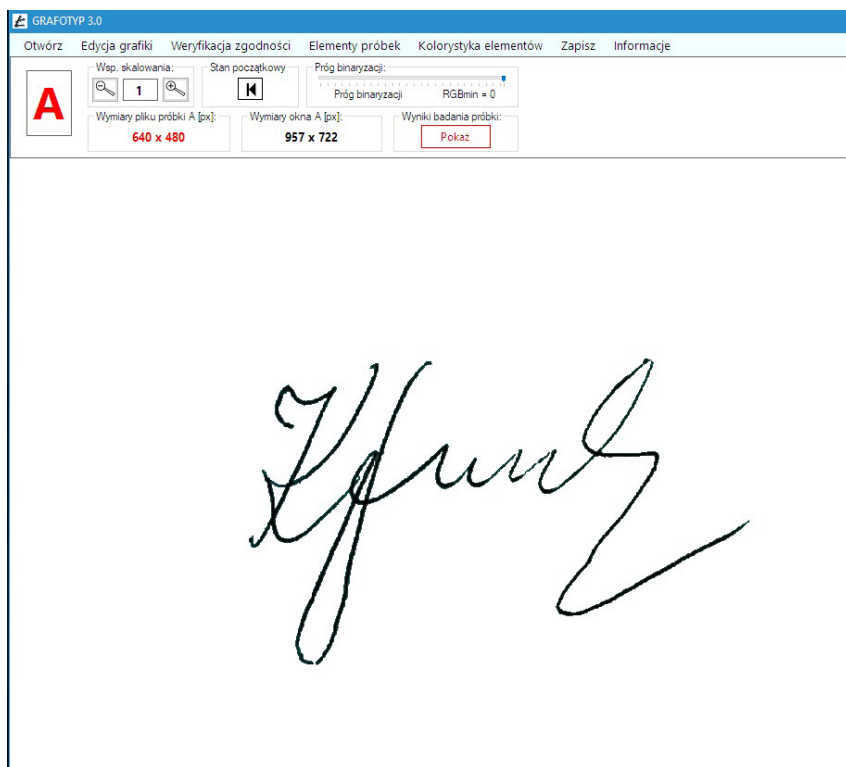
As a result of the “Keep indicated color” option, the plane of green color in Fig. 25 is replaced by white, and a clean graphic line remains in the image, as shown in Fig. 26.

Fig. 26. Samples in the graphics editor (back to analysis in GRAFOTYP)

Source: own study.

If the user decides that the result of the graphical line extraction is satisfactory and does not need to be corrected, the selection of the “Transfer to Graphotyp” button closes the editor, and the image of the sample in the new graphical “dress” goes back to GRAFOTYP v.3.0, where the analysis can be carried out (see Fig. 27).

Fig. 27. Sample again in GRAFOTYP ready for analysis after graphic line extraction



Source: own study.

Summary

From the content of the article, it appears that the scribe expert, using GRAFOTYP v.3.0 software, has little influence on the very process of verifying the compliance of the records under examination. The computer takes out all the essential work for him, greatly increasing the objectivity of the comparative analysis. However, this marks a definite change in emphasis in terms of the expert's work. The gravity shifts from analysis per se to the

sample preparation process. Proper preparation of them, based on expert knowledge and experience, while objectifying the analysis by the proposed software will certainly raise the categoricity of the judgments made.

Bibliography

Literature

- Domański C., Pruska K., *Nieklasyczne metody statystyczne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2000.
- Goc M., *Współczesny model ekspertyzy pismoznawczej. Wykorzystanie nowych metod i technik badawczych*, Volumina.pl, Warsaw-Szczecin 2015.
- Goc M., Goc-Ryszawa B., Łuszczuk A., Łuszczuk K., *Grafotyp – program komputerowy wspomagający ekspertyzę pismoznawczą*, „Człowiek i Dokumenty” 2013, no. 30.
- Goc M., Łuszczuk A., Łuszczuk K., Tomaszewski T., *Wykorzystanie grafometrii komputerowej w badaniach identyfikacyjnych pisma ręcznego i podpisów – komunikat z realizacji projektu rozwojowego*, in Z. Kegel, R. Cieśla (eds.), *Znaczenie aktualnych metod badań dokumentów w dowodzeniu sądowym. Materiały XIV Wrocławskiego Symposium Badań Pisma*, Katedra Kryminalistyki, Wydział Prawa, Ekonomii i Administracji, Wrocław 2010.
- Koziczak A., *Metody pomiarowe w badaniach pismoznawczych*, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Cracow 1997.
- Lesniak M., *Wartość dowodowa opinii pismoznawczej*, B.S. Training, Pinczow 2012.
- Łuszczuk A., Łuszczuk K., *Grafometria komputerowa*, in E. Gruza, M. Goc, T. Tomaszewski (eds.), *Co nowego w kryminalistyce – przegląd zagadnień z zakresu zwalczania przestępczości*, Stowarzyszenie Absolwentów Wydziału Prawa i Administracji UW, UW, Warsaw 2010.
- Moszczynski J., *ubiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn 2011.

Other

Graphotype. Research paper funded by the Ministry of Science and Higher Education with funds for science in *2009-2011* as development project no. OR 00003807 - program guide; authors: A. Łuszczuk, K. Łuszczuk, scientific consultation T. Tomaszewski, M. Goc, M. Broniarz (electronic version, unpublished).