

mgr inż. Krystyn Łuszczuk

specjalista z zakresu informatyki, członek Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego

dr hab. Mieczysław Goc (autor korespondencyjny)

prof. nadzw. Wyższej Szkoły Bankowej w Gdańsku, wiceprezes Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego

mgr Andrzej Łuszczuk

ekspert dokumentów Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego

Wykorzystanie skangrafii do komputerowej wizualizacji cieniowania pisma ręcznego

Streszczenie

W artykule wskazano na znaczenie programów komputerowych jako narzędzi wspomagających ekspertyzę pismoznawczą oraz zwiększających jej obiektywizm. Niektóre z tych programów opierają się na skangrafii komputerowej. Skangrafia jest metodą badania pisma ręcznego, w której próbka zapisu traktowana jest jako obraz rastrowy (mapa bitowa czy krócej „bitmapa”), tj. zbiór pojedynczych pikseli (punktów). Układ pikseli w bitmapie może być badany na szereg różnych sposobów, zależnie od potrzeb. W artykule opisano pierwszy program komputerowy, w którym zastosowano skangrafię w badaniach pisma ręcznego.

Słowa kluczowe: skangrafia, pismo ręczne, badania komputerowe pisma, SCANGRAF

Wstęp

Badania pisma ręcznego opierają się głównie na metodach jakościowych. Metody ilościowe polegające na różnego rodzaju pomiarach, analizach aparaturowych oraz obliczeniach statystycznych, gwarantujących wysoką precyzję i powtarzalność wyników, mają znacznie mniejsze zastosowanie. Ograniczona rola pomiarów w ekspertyzie pismoznawczej powoduje, że dużą rolę odgrywa w niej czynnik subiektywnej oceny wyników badań przez biegłego¹. Ocena taka oparta jest na doświadczeniu, wiedzy i kwalifikacjach eksperta, w związku z czym jej rezultaty nie zawsze mogą być równie jednoznaczne jak w badaniach ilościowych (Moszczyński, 2011, s. 126–138). Ten właśnie charakter badań pismoznawczych stanowił główny argument podnoszony przez krytyków naukowych podstaw

ekspertyzy pismoznawczej, zarzucających jej nieodpowiedni poziom metrycznie sprecyzowanych wyznaczników cech, intuicjonizm i subiektywizm ocen identyfikacyjnych. Dyskusja na temat naukowego charakteru ekspertyzy, szczególnie żywa w doktrynie i orzecznictwie amerykańskim, nie zawsze przychylna dla ekspertyzy pismoznawczej i często lokująca ją w grupie tzw. dowodów nienaukowych (*non scientific evidence*), doprowadziła z jednej strony do opracowania kryteriów dopuszczalności tego rodzaju dowodów w postępowaniu sądowym², a z drugiej do podjęcia badań nad rzeczywistym stanem ekspertyzy pismoznawczej, oceny jej metodologii, a przede wszystkim opracowania nowych, bardziej zobiektywizowanych metod badawczych, wykorzystujących m.in. techniki komputerowe³. Nie oznacza to bynajmniej, że tradycyjne metody badań pismoznawczych nie mają podstaw naukowych. Ich naukowy charakter potwierdza zarówno wieloletnia praktyka ekspercka, jak i stanowisko znakomitej większości autorów publikacji naukowych na ten

¹ Na ten aspekt opinii dotyczących pisma ręcznego zwracają uwagę liczni autorzy, m.in. już w latach pięćdziesiątych W.R. Harrison pisał, że badania porównawcze pisma ręcznego są w znacznej części procesem subiektywnym, co naraża je z natury rzeczy na pomyłki (Harrison, 1958, s. 342). Por. także: Widła, 1982, s. 83–96; Hecker, 2000, s. 193; Kwiatkowska-Wójcikiewicz, Wójcikiewicz, 2010, s. 319–328; Moszczyński, 2011, s. 126–138.

² Najbardziej znane są tzw. standardy Dauberta.

³ Zagadnienia te zostały m.in. przedstawione w monografii M. Goca (2016).

temat⁴. Niewątpliwie jednak wprowadzanie od kilku lat techniki komputerowej do badań pismoznawczych jest istotnym krokiem w kierunku zwiększenia ich obiektywizmu. Techniki komputerowe ograniczają znacznie czynnik subiektywizmu w badaniach, ale go nie eliminują. Ostateczna decyzja o zgodności lub niezgodności wykonawczej porównywanych zapisów ręcznych zawsze należy do eksperta, a zadaniem programów komputerowych jest ułatwienie podjęcia takiej decyzji. Komputerowe programy do badań pismoznawczych stosowane są od kilku lat za granicą, a także i w Polsce. Zespół ekspertów Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego we współpracy z pracownikami naukowymi Uniwersytetu Warszawskiego oraz biegłymi Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Policji w ramach projektów rozwojowych⁵ finansowanych przez MNiSW oraz NCBiR opracował dwa pakiety aplikacji komputerowych wspomagających badania pismoznawcze. W skład pierwszego pakietu pod nazwą GLOBALGRAF wchodzi cztery programy komputerowe: GRAFOTYP, KINEGRAF, RAYGRAF i SCANGRAF. Programy te są już stosowane w bieżącej praktyce eksperckiej i uzyskały wiele pozytywnych ocen. Drugi pakiet, GLOBALGRAF II, został ukończony w 2016 r. i zawiera kolejne cztery programy: BARWOSKAN, CENTROGRAF, LINIOGRAF i PROFILOSKAN. Programy te korzystają z dwóch zasadniczych metod badawczych: grafometrii komputerowej⁶ i skangrafii⁷.

Grafometria komputerowa

Jak sugeruje nazwa, w grafometrii badaniu podlegają podstawowe, geometryczne parametry pisma ręcznego, takie jak długości, szerokości, kąty nachylenia, krzywizny, powierzchnie, gęstości pisma i impulsy. Pomiar tych parametrów, niegdyś żmudny i czasochłonny (wykonywany ręcznie na zdjęciach powiększonych fragmentów zapisów), po wprowadzeniu technik komputerowych nie stwarza większych problemów

Tabela 1. Parametry pisma badane w programach pakietu GLOBALGRAF.

GLOBALGRAF		
Lp.	Nazwa programu	Badane parametry
1.	GRAFOTYP	Współczynnik kształtu
		Proporcja wielkości
		Grafotyp
2.	KINEGRAF	Wskaźnik Prawdopodobieństwa Kinetyczno-Geometrycznego
		Wartość identyfikacyjna próbki pisma
3.	RAYGRAF	Współczynnik podobieństwa liniowego
		Współczynnik podobieństwa kąтового
		Współczynnik gęstości morfologicznej
		Współczynnik gęstości literowej
		Współczynnik impulsu

w praktycznym zastosowaniu. Ponadto możliwości obliczeniowe komputerów pozwalają na wprowadzenie do badań nowych parametrów, będących matematycznymi przekształceniami parametrów podstawowych. W powyższej tabeli przedstawiono parametry pisma badane w programach wspomnianego pakietu GLOBALGRAF.

Łatwo zauważyć, że w tabeli 1 brakuje czwartego programu pakietu, a mianowicie programu SCANGRAF. Nie ma on nic wspólnego z grafometrią, nie dokonuje bowiem pomiaru żadnych parametrów, ale służy wizualizacji naciskowości (systemu cieniowania) w badanych zapisach. Wykorzystuje w tym celu wspomnianą we wstępie metodę skangrafii.

Skangrafia

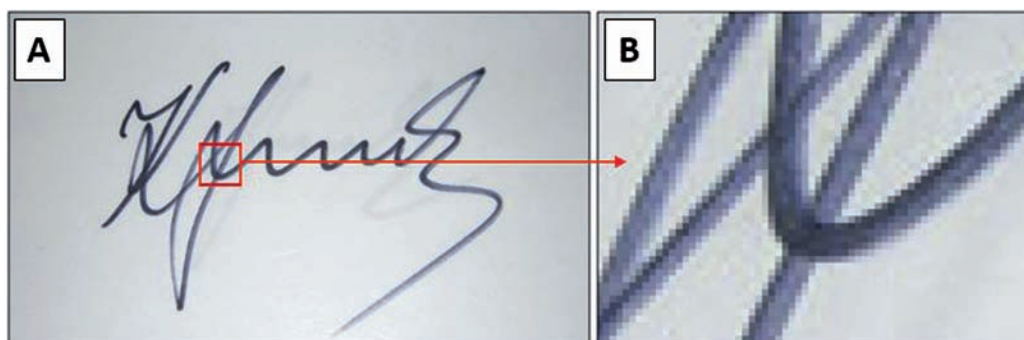
Skangrafia jest efektem poszukiwań metody badawczej, która pozwoliłaby badać i porównywać cechy pisma ręcznego będące wynikiem niekontrolowanego wolicjonalnie nawyku pisarskiego (realizowanego poza świadomością piszącego), a jednocześnie charakteryzujące się stosunkowo wysokim poziomem zindywidualizowania osobniczego i stabilności grafokinetycznej. W ocenie biegłych pismoznawców taką cechą, trudną do naśladownictwa, jest cieniowanie pisma oraz jego naciskowość, a metodą ułatwiającą analizę porównawczą tej cechy jest skangrafia. Skangrafia zrywa z tradycyjnym postrzeganiem pisma przez pryzmat jego grafizmu. Próbką tekstu traktowana jest jako mapa bitowa,

⁴ Problematyka podstaw naukowych ekspertyzy pismoznawczej wraz z krytyką stanowiska podważającego możliwość opiniowania kategorięcznego i jednoczesnym wskazaniem skali i przyczyn błędów w ekspertyzach pismoznawczych została obszernie przedstawiona w przytoczonej wyżej monografii (por. Goc, 2016, s. 47–106).

⁵ Projekt rozwojowy nr OR 00003807 pt. „Opracowanie metodyki i programów oraz zbudowanie stanowiska do badań identyfikacyjnych pisma i podpisów przy wykorzystaniu grafometrii komputerowej” (zakończony 8 lipca 2011 r.) oraz projekt rozwojowy nr DOBR-BIO4/038/13297/2013 pt. „Pomiarowe narzędzia wspomagające analizę pisma ręcznego i podpisów” (zakończony w grudniu 2016 r.).

⁶ Grafometria komputerowa – pojęcie zaproponowane (A. Łuszczuk, K. Łuszczuk) na V Seminarium Kryminalistycznym w maju 2009 r. w Ciechocinku.

⁷ Metoda badawcza zaproponowana przez A. Łuszczuka i K. Łuszczuka w czerwcu 2010 r. na XIV Wrocławskim Sympozjum Badania Pisma.



Ryc. 1. A – próbka podpisu, B – jej powiększony fragment ukazujący pikselową strukturę obrazu.

która poddawana cyklicznym transformacjom ujawnia rozkład nacisku na podłoże narzędzia pisarskiego (Łuszczuk, Łuszczuk, 2012, s. 226).

W skangrafii przyjęto zasadę (zweryfikowaną już w praktyce eksperckiej), że występujące w piśmie ręcznym zjawisko „cieniowania” jest wynikiem zmieniającej się w trakcie kreślenia siły nacisku na podłoże narzędzia pisarskiego, powodującej w miejscach mocniej kreślonych pełniejsze nasycenie linii pisma środkiem kryjącym, a w kreślonych lżej – słabsze. Skangrafia to metoda barwometryczna, w której przedmiotem badania nie jest tzw. grafizm pisma jako taki, lecz zawartość barwna obrazu rastrowego – stanowi go sfotografowana lub zeskanowana próbka pisma. Taki cyfrowy obraz próbki nazywany jest mapą bitową czy krócej „bitmapą”, która zbudowana jest z pojedynczych pikseli (punktów). Każdy obraz cyfrowy, uzyskiwany ze skanera, cyfrowego aparatu fotograficznego czy kamery, jest zbiorem takich punktów (pikseli); ich liczba zależy od tzw. rozdzielczości urządzenia⁸, które obraz zarejestrowało (cyfrowy aparat fotograficzny, kamera, skaner itp.). Pikselowa struktura obrazu cyfrowego staje się widoczna podczas jego powiększania. Im wyższa jest rozdzielczość obrazu wyjściowego, tym większe musi być powiększenie obrazu, aby tę strukturę uwidocznili. Na rycinie 1 pokazano próbkę podpisu i jej powiększony fragment z widocznym układem pikseli.

Zrozumienie skangrafii (a także programów z niej korzystających) ułatwia znajomość podstawowych zasad cyfrowego zapisu kolorów. Dlatego poniżej podajemy podstawowe zasady tego zapisu.

Addytywna metoda cyfrowego zapisu kolorów

W technice cyfrowej istnieje wiele metod zapisu kolorów. Podstawowe z nich to:

- RGB (*red, green, blue*) – metoda addytywna,
- CMYK (*cyan, magenta, yellow, black*) – metoda subtraktywna,
- HSB (*hue, saturation, brightness*) – barwa, nasycenie, jasność.

W naszych rozważaniach ograniczymy się do pierwszej z wyżej wymienionych metod jako najbardziej rozpowszechnionej w technice cyfrowej. W technice tej kolor każdego piksela w bitmapie określany jest za pomocą trzech podstawowych barw składowych (tzw. metoda addytywna):

- składowa czerwona – (R-red),
- składowa zielona – (G-green),
- składowa niebieska – (B-blue).

Według tej metody każdy piksel jest charakteryzowany danymi P(R, G, B), gdzie wartości R, G, B oznaczają stopień nasycenia barw składowych, który zawiera się w przedziale od 0 (brak danej składowej) do 255 (maksimum nasycenia). Poniżej na rycinie 2 pokazano kilka przykładów określenia koloru pikseli z pomocą RGB.

Składowe piksela			Kolor piksela	
R	G	B		
255	255	255	Biały	
0	0	0	Czarny	
128	128	128	Szary	
255	0	0	Czerwony	
0	255	0	Zielony	
0	0	255	Niebieski	
255	255	0	Żółty	
159	122	56	Jasnobrązowy	

Ryc. 2. Przykłady określenia kolorów za pomocą składowych RGB.

⁸ Rozdzielczość to charakterystyczna cecha obrazów cyfrowych, a także urządzeń odtwarzających lub tworzących te obrazy (aparaty fotograficzne, kamery, skanery, telewizory, monitory, wyświetlacze itp.). Definiuje się ją, podając (w pikselach) wymiary obrazu cyfrowego jako iloczyn (szerokość × wysokość), np. 1024 × 678, lub wartość liczbową tego iloczynu, w tym przykładzie 694 272 px.

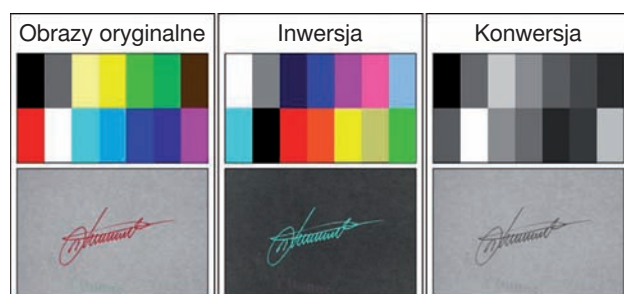
Skangrafia umożliwia jakościowo-ilościową analizę struktury barwnej bitmapy. Pozwala na zbadanie RGB każdego jej piksela, zmianę wartości barwnych składowych, inwersję i konwersję obrazu oraz badania porównawcze jasności między pikselami wewnątrz tej samej bitmapy, jak również pomiędzy dwoma różnymi bitmapami.

Inwersja (zamiana pozytywu na negatyw) polega na zamianie wartości składowych RGB w nowe, będące uzupełnieniem do maksymalnego nasycenia wynoszącego 255. Tak więc każdy oryginalny piksel mający składowe $P_{oryg}(RGB)$ jest zamieniany w piksel $P_{inw}(255 - R, 255 - G, 255 - B)$. Na przykład oryginalny piksel $P_{oryg}(124, 72, 83)$ koloru ciemnoróżowego po inwersji będzie miał składowe $P_{inw}(131, 183, 172)$ i stanie się szaroniebieskozielony. Inwersja jako metoda jest znana od lat w fotografii (zarówno w wersji barwnej, jak i czarno-białej) i niejednokrotnie wykorzystywana także w fotografii kryminalistycznej.

Konwersja (zamiana obrazu barwnego na czarno-biały) jest metodą podobną do inwersji. W uproszczeniu polega ona na uśrednieniu nasycenia barw składowych wyjściowego piksela i przypisaniu skonwertowanemu pikselowi równych, uśrednionych składowych. Zatem barwny piksel, pierwotnie ciemnobrązowy, $P_{oryg}(48, 34, 2)$ po uśrednieniu składowych $[(48 + 34 + 2)/3 = 28]$ staje się skonwertowanym, monochromatycznym pikselem $P_{konw}(28, 28, 28)$, o kolorze bardzo bliskim czarnemu (Łuszczuk, Łuszczuk, 2012).

Inwersja czy też konwersja całego obrazu (bitmapy) to przekształcenie kolejno każdego piksela tego obrazu w inny według opisanej wyżej zasady. Bez komputera przekształcenia takie (zwane też transformacjami) byłyby niemożliwe. Czas trwania tych procesów waha się od kilku do kilkudziesięciu sekund, zależnie od liczby pikseli w bitmapie, czyli od rozdzielczości skanowania bądź fotografowania próbek oraz parametrów procesora w komputerze i jego systemu operacyjnego (Łuszczuk, Łuszczuk, 2012).

Poniżej przykłady inwersji i konwersji.



Ryc. 3. Przykłady inwersji i konwersji obrazów cyfrowych.

Porównywanie jasności pikseli w obrazie cyfrowym – średnie RGB

Porównywanie koloru pikseli w celu określenia, który jest jaśniejszy, a który ciemniejszy przy założeniu, że

każdy piksel charakteryzują trzy składowe, jest w praktyce niemożliwe. Oznacza bowiem konieczność równoczesnego porównywania wartości trzech składowych i ich możliwych kombinacji w zbiorze zawierającym około 17 milionów odcieni barw. Warto to sobie uzmysłowić, pamiętając, że w addytywnej metodzie zapisu i tzw. 24-bitowej głębi kolorów⁹ (a z nią mamy tu do czynienia) występuje taka właśnie liczba odcieni kolorów. Wyjściem z tej sytuacji jest zastosowanie do porównań jasności uśrednionej wartości RGB (oznaczanej jako RGB_{sr}). RGB_{sr} to po prostu średnia arytmetyczna wartości składowych barwnych i przypisanie każdej składowej obliczonej identycznej wartości średniej. W praktyce uśrednienie RGB jest *de facto* konwersją, czyli zamianą koloru w jego czarno-biały ekwiwalent. Przykład uśrednienia zaprezentowano poniżej na rycinie 4.

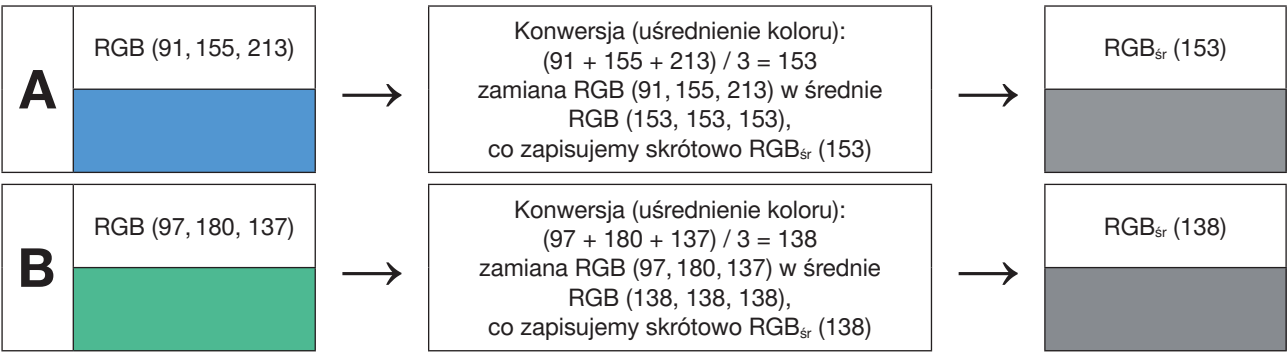
Na rycinie 4 pokazano dwa kolory: A (odcień koloru niebieskiego o RGB(91, 155, 213) i B (odcień koloru zielonego o RGB(97, 180, 137)). Na podstawie trzech składowych RGB nie sposób określić, który z tych kolorów jest ciemniejszy. Po dokonaniu uśrednienia (konwersji) kolor A zamienia się w szarość o $RGB_{sr}(153)$, a kolor B przyjmuje szarość o $RGB_{sr}(138)$. Ponieważ $RGB_{sr}(138)$ jest mniejsze od $RGB_{sr}(153)$, w sposób jednoznaczny można stwierdzić, że kolor B jest ciemniejszy od koloru A.

Wynikają z tego praktyczne korzyści. Możliwe staje się porównanie dwóch bitmap, którymi są weryfikowane pod względem zgodności próbki pisma ręcznego. Pozwala to również na zbadanie, czy w tych samych topograficznie miejscach analizowanych próbek układ barwny pikseli jest podobny czy różny. Jest to już prosta droga do możliwości stwierdzenia, czy naciskowość w dwóch porównywanych próbkach pisma jest zgodna, czy niezgodna. Poziomą zgodnością naciskowości i cieniowania stanowi istotną przesłankę badawczą w rozstrzygnięciach identyfikacyjnych porównywanych rękopisów.

Transformacja map bitowych jako metoda wizualizacji cieniowania (naciskowości)

Pierwszy etap wizualizacji cieniowania polega na przeszukaniu na podstawie RGB_{sr} mapy bitowej próbki w celu znalezienia piksela najciemniejszego, o najniższej wartości $RGB_{sr/min}$. Piksel ten z reguły leży wewnątrz linii graficznej badanego zapisu (zob. punkt oznaczony jako „1” na ryc. 5). Następnie dzięki porównaniu między sobą wszystkich pikseli badanej bitmapy odnajdywany

⁹ 24-bitowa głębia kolorów oznacza, że każda barwna składowa (kanał barwny) jest zapisywana na 8 bitach, dla trzech kanałów są to więc 24 bity. Ponieważ na 8 bitach, czyli w 1 bajcie, może być zapisana w układzie „dwójkowym” maksymalna liczba 11111111, czyli „dziesięć” – 255, zatem liczba możliwych kombinacji barwnych w tej głębi bitowej wynosi $256^3 = 16\,777\,216$ kolorów. W różnych zastosowaniach bywają spotykane inne głębie kolorów, np. 8-bitowe, 16-bitowe, 32-bitowe itd.



Ryc. 4. Przykład konwersji kolorów w celu określenia RGB_{sr}.

jest piksel najjaśniejszy, RGB_{sr/max}, który usytuowany jest na granicy linia graficzna – tło, względnie jest pikselem należącym do tła próbki. Piksel najjaśniejszy jest oznaczony cyfrą „5” na rycinie 5.

Różnica barwna między pikselem najjaśniejszym a najciemniejszym stanowi rozpiętość koloru środka kryjącego, którym nakreślona została linia graficzna badanego zapisu.

Rozpiętość koloru = RGB_{sr/max} – RGB_{sr/min}

W przytoczonym na rycinie 6 przykładzie rozpiętość koloru wynosi 220 – 63 = 157. Następnie rozpiętość ta dzielona jest na kilka przedziałów, w naszym przykładzie na siedem przedziałów o rozpiętości 157/7≈22.



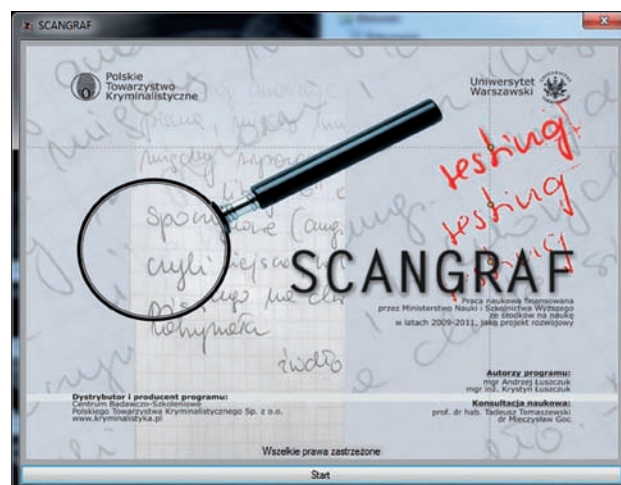
Ryc. 5. Najciemniejszy i najjaśniejszy piksel fragmentu mapy bitowej próbki podpisu.



Ryc. 6. Transformacje bitmapy podpisu w siedmiu iteracjach.

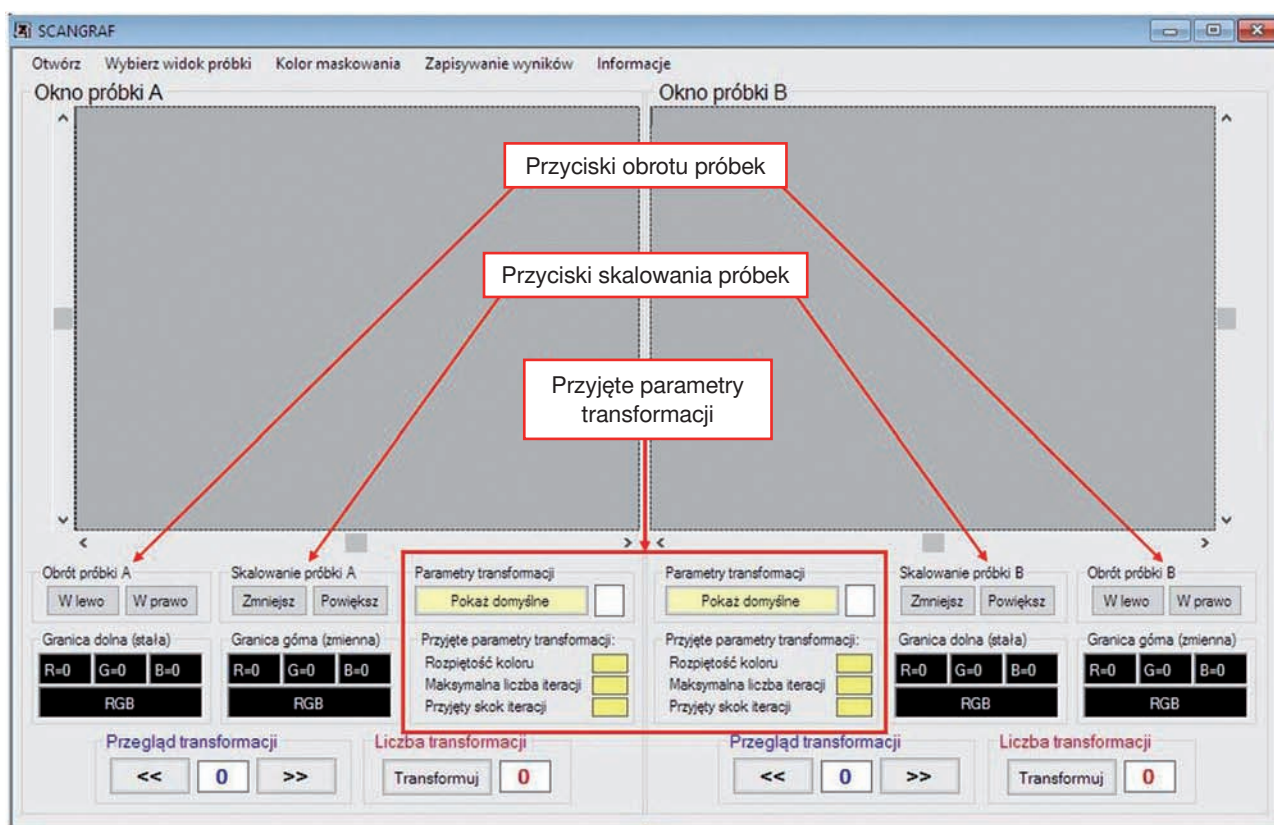
Taki przedział nazywany jest „skokiem iteracji”. Następnie przedziały te, poczynając od najjaśniejszego, poddawane są transformacjom (przekształceniom) w kolejnych powtórzeniach (iteracjach). Transformacje polegają na zamianie koloru pikseli danego przedziału na kolor wybrany przez użytkownika (domyślnie biały), co sprawia wrażenie, że piksele te są usuwane z bit-mapy. W rzeczywistości zmieniają tylko swój kolor na biały. Iteracje transformacji pokazano poniżej.

W miarę zwiększania liczby iteracji stopniowo jaśniejsze przedziały „zanikają” (w rzeczywistości zmieniają kolor na biały), a pozostają te ciemniejsze, będące wizualizacją rozkładu środka kryjącego w linii graficznej próbki pisma – czyli systemu cieniowania. Na rycinie 6 obraz „A” to wyjściowy wygląd próbki podpisu. Transformacje pierwszej i drugiej iteracji („B” i „C”) „usuwa” szare tło próbki. Pięć kolejnych transformacji od „D” do „H” pozwala na obserwację systemu cieniowania, inaczej mówiąc, na dostrzeżenie, w których fragmentach linii graficznej nacisk narzędzia pisarskiego jest najmocniejszy. Powiększając liczbę przedziałów iteracyjnych, zmniejszamy tym samym „skok iteracji”, co ma tę zaletę, że różnice między obrazami kolejnych transformacji będą subtelniejsze, bardziej płynne, pozbawione radykalnych zmian. Powiększając liczbę iteracji, należy także zwrócić uwagę, aby nadmierna ich liczba nie doprowadziła do całkowitego zaniku linii graficznej. Równoczesne przeprowadzenie



Ryc. 7. Strona startowa programu SCANGRAF.

transformacji w dwóch porównywanych próbkach pozwala potwierdzić lub wykluczyć ich zgodność. Do przeprowadzenia tych wszystkich przekształceń skanograficznych niezbędna jest odpowiednia aplikacja komputerowa (SCANGRAF), która wykona opisane wcześniej operacje na badanych próbkach, zwizualizuje systemy cieniowania, umożliwiając ocenę i weryfikację ich zgodności (<http://kryminalistyka.pl/program-globalgraf/>, dostęp: 22.11.2016).



Ryc. 8. Okno główne (interfejs) programu SCANGRAF (z pustymi oknami próbek).

Program SCANGRAF – aplikacja do wizualizacji systemu cieniowania

SCANGRAF, jak łatwo się domyślić, co także sugeruje jego nazwa, jest programem wykorzystującym w badaniach pismoznawczych metodę skangrafii. Umożliwia wizualizację systemu cieniowania w jednej lub, co jest standardem, w dwóch próbkach tekstów (podpisów) równocześnie. Ta równoczesność pozwala ekspertowi korzystającemu z programu na szybkie i skuteczne porównanie systemów cieniowania analizowanych zapisów. Na rycinie 7 przedstawiono tytułową, startową stronę programu.

Po naciśnięciu przycisku „Start” wyświetla się kolejne okno, którym jest zasadniczy interfejs programu, co pokazano na rycinie 8.

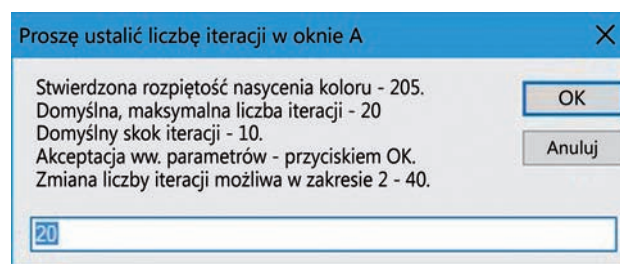
Program umożliwia wybór jednego z czterech widoków próbki, które komputer przygotowuje samoczynnie, bez udziału użytkownika, w czasie otwierania próbki do badania. Są to: obraz oryginalny, barwny negatyw, pozytyw czarno-biały i negatyw czarno-biały. Wybór jednej z opcji widoku należy do użytkownika programu i zależy od konkretnej sytuacji badawczej. Ogólne wskazówki korzystania z opcji widoku są następujące:

- w zdecydowanej większości sytuacji badawczych (ciemny kolor tuszu lub innego środka kryjącego w obu próbkach na jasnym tle) należy wybrać oryginalny widok obu próbek;
- w przypadku badania próbek o zbliżonej intensywności tuszu, ale w różnych kolorach (np. czerwony i zielony), korzystniej (opcjonalnie) jest analizować próbki przekształcone w czarno-białe

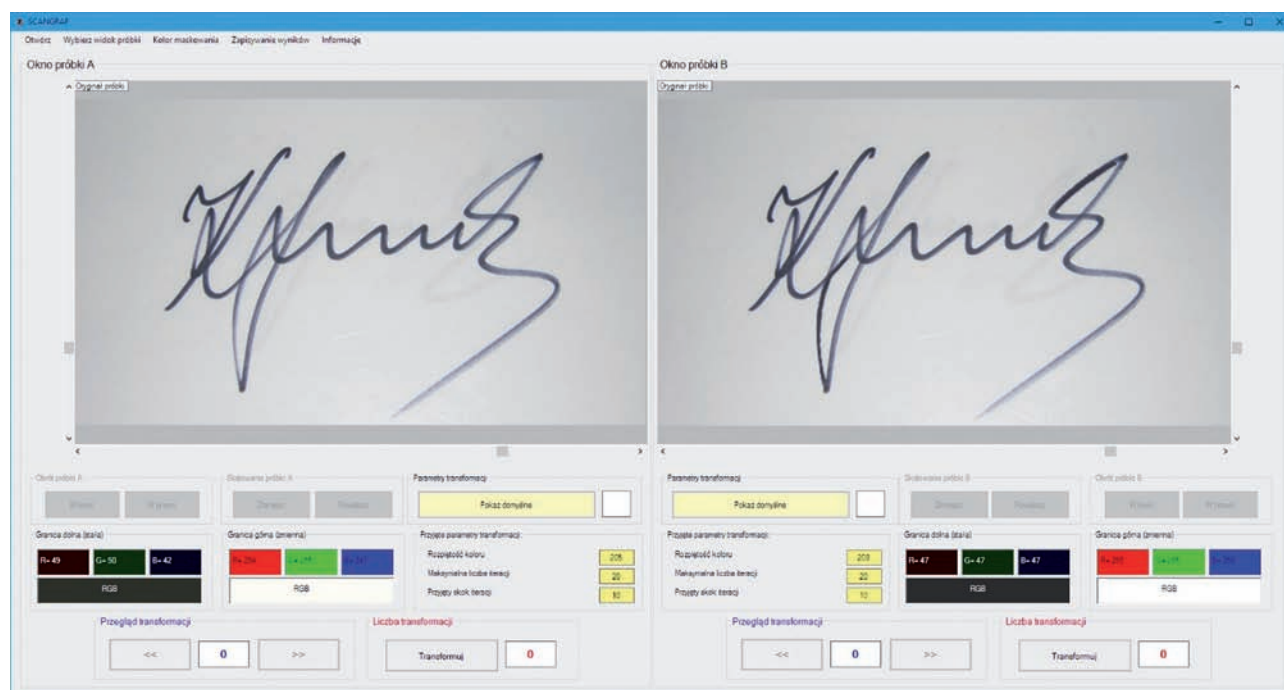
pozytywy, w przypadkach jasnego koloru środka kryjącego dobre rezultaty wizualizacyjne można uzyskać po przekształceniu próbek w negatyw barwny lub czarno-biały;

- w przypadkach sporadycznych (gdy np. jedna próbka to jasny napis na ciemnym tle, a druga odwrotnie, ciemny napis na jasnym tle) analiza oryginałów jest niemożliwa. Wówczas jedna z próbek musi być przekształcona w negatyw barwny lub czarno-biały. Dalsza analiza przebiega analogicznie jak dla oryginałów. Jednak w tym przypadku rezultat wizualizacyjny należy interpretować odwrotnie: w pozytywie mocny nacisk to kolor ciemny, natomiast w negatywie nacisk mocny jest reprezentowany przez kolor jasny.

Po otwarciu do badania próbki oznaczonej jako A i naciśnięciu przycisku „Domyślne” wyświetlane jest okno dialogowe, w którym należy dokonać ustalenia parametrów transformacji, jak niżej:



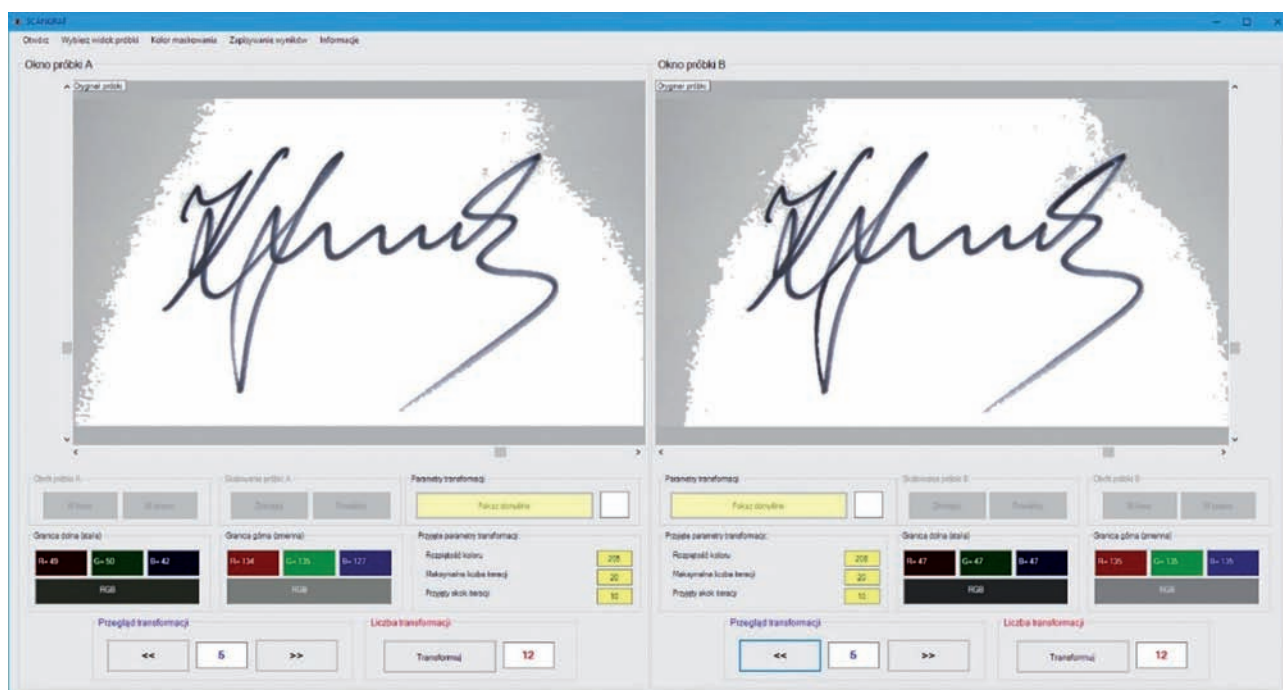
Ryc. 9. Okno dialogowe ustalania parametrów transformacji obrazu próbki A.



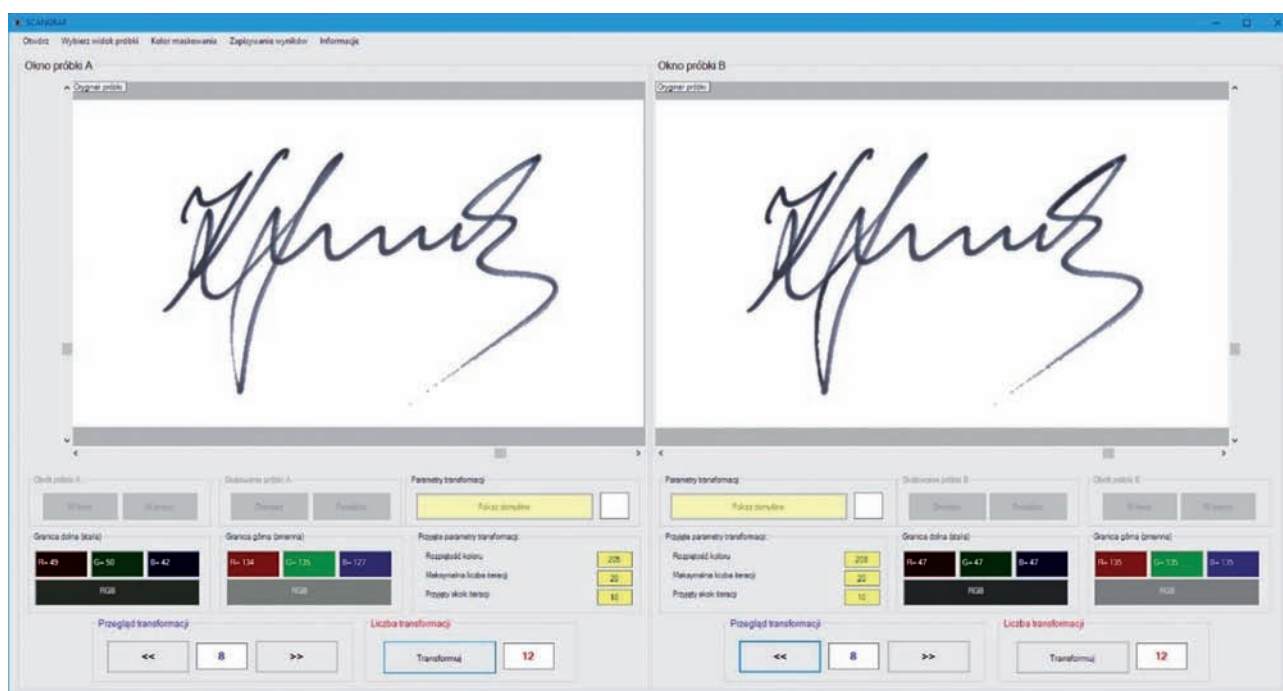
Ryc. 10. Interfejs programu SCANGRAF z próbkami podpisów przed rozpoczęciem analizy.

W oknie tym program podaje stwierdzoną (w czasie otwierania próbki) rozpiętość koloru oraz domyślną liczbę iteracji (powtórzeń) i wynikający z niej domyślny skok iteracji. Skok iteracji jest zaokrąglonym do liczby całkowitej ilorazem rozpiętości koloru przez przyjętą liczbę iteracji. W tym przykładowym oknie skok iteracji równy 10 wynika z zaokrąglonego podzielenia rozpiętości koloru 205 przez domyślną liczbę iteracji

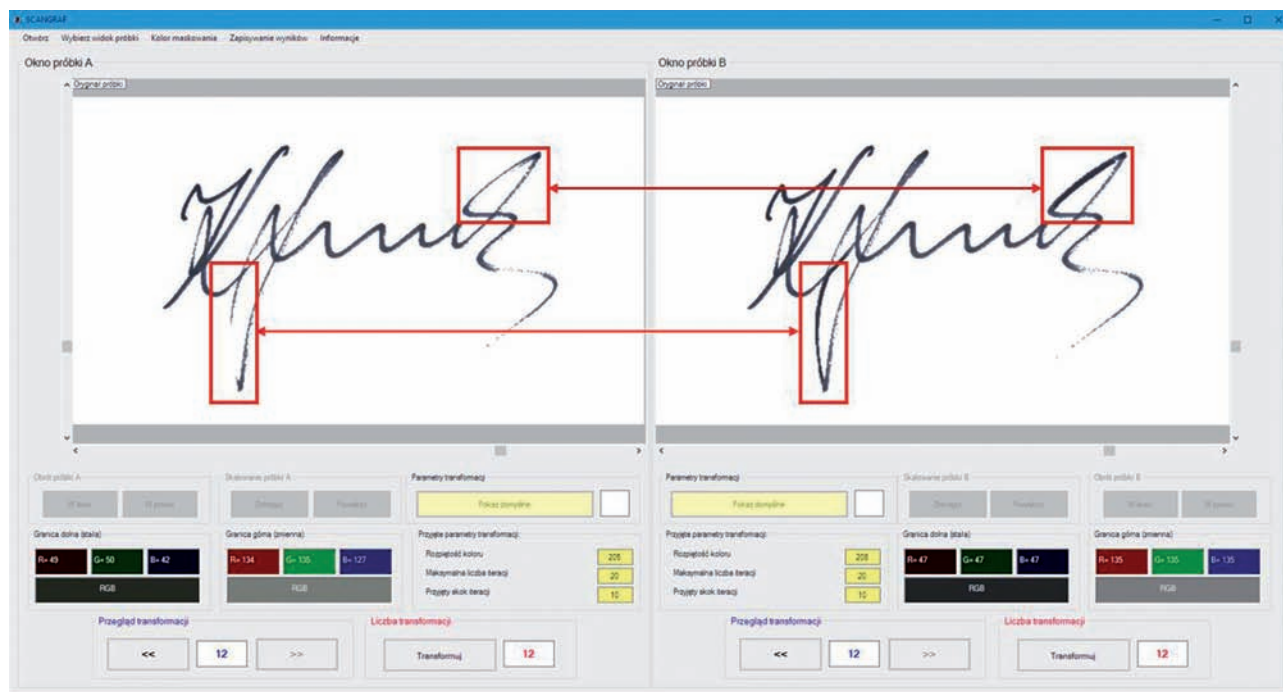
równą 20. Jeśli użytkownik akceptuje domyślne wartości proponowane przez program, należy nacisnąć przycisk OK i kontynuować pracę. Jeśli jednak użytkownik nie chce skorzystać z parametrów domyślnych, może ustalić własną liczbę iteracji, wpisując ją w miejsce podświetlone na niebiesko, domyślnej liczby 20. Musi to być liczba z przedziału od 2 do 40 (wpisanie liczby niemieszczącej się w tym przedziale generuje



Ryc. 11. Obrazy próbek po piątej transformacji (szare tło częściowo usunięte).



Ryc. 12. Obrazy próbek po ósmej transformacji (tło usunięte, widoczne różnice w cieniowaniu).



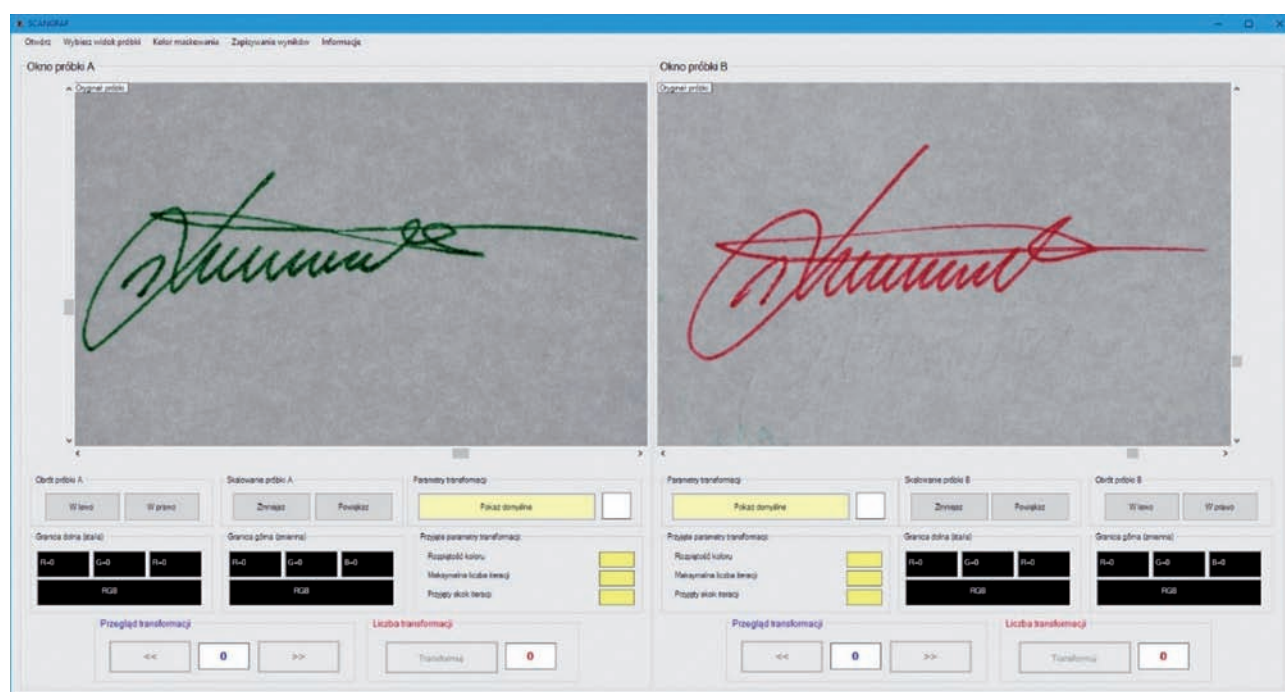
Ryc. 13. Obrazy próbek po dwunastej transformacji (wyraźne rozbieżności w cieniowaniu).

komunikat błędu). Po wpisaniu liczby iteracji wybranej przez użytkownika program dopasowuje do niej właściwy skok iteracji. Im większa liczba iteracji zostanie wybrana, tym mniejszy będzie skok iteracji, co przełoży się na płynność zmian wyglądu linii graficznej po kolejnych transformacjach, o czym była mowa wcześniej. Zwiększona liczba iteracji wydłuży jednak czas trwania analizy, co w przypadku plików próbek o dużych wielkościach (zwłaszcza zapisanych w formacie „tif”) może być irytujące dla użytkownika. Wybierając własną liczbę iteracji, warto zwrócić uwagę, aby iloczyn liczby iteracji i skoku iteracji nie przekroczył rozpiętości koloru. Jeśli tak się stanie, to transformacja obrazu próbki w ostatniej iteracji spowoduje całkowity zanik linii graficznej. Nie jest to błąd merytoryczny, ale ta ostatnia transformacja będzie niepotrzebna i bezużyteczna. Analogicznego wyboru parametrów można dokonać po otworzeniu drugiej próbki oznaczonej jako B. Warto zwrócić uwagę, że parametry transformacyjne obu próbek nie powinny być i zazwyczaj nie są identyczne. Muszą być każdorazowo ustalone przez eksperta prowadzącego badanie. Zatem po otworzeniu obu próbek A i B oraz po ustaleniu dla nich parametrów transformacji można przystąpić do dalszego etapu analizy. Naciśnięcie przycisku „Transformuj” dla jednej lub drugiej próbki powoduje wykonanie pierwszej transformacji obrazu wybranej próbki. Każde naciśnięcie tego przycisku powoduje wykonanie kolejnej transformacji. Transformacje obrazów można przeprowadzać, wykonując pełną liczbę iteracji najpierw dla jednej, potem dla drugiej próbki, lub transformować obrazy próbek

przemienne, raz w jednym, raz w drugim oknie. Ten drugi sposób jest zalecany, ponieważ daje wgląd w bieżącą wizualizację cieniowania i umożliwia bieżącą ocenę jej zgodności w próbkach. Wszystkie transformacje (ściślej: obrazy próbek po kolejnych transformacjach) są automatycznie zapamiętywane i na każdym etapie analizy użytkownik może je przeglądać (wstecz i do przodu), korzystając z przycisków opisanych znakami „<<” lub „>>” w ramce „Przebieg transformacji”. Na rycinie 10 przedstawiono okno głównego interfejsu programu SCANGRAF z otworzonymi do badań próbkami A i B. Są one grafometrycznie identyczne, ale próbka B ma celowo zdeformowany w stosunku do próbki A system cieniowania. Jest on zdeformowany świadomie, sztucznie, w bardzo wyraźny sposób, w celach demonstracyjnych. W realnych analizach rozbieżności w systemach cieniowania badanych próbek bywają bardzo subtelne, niezauważalne „gołym okiem”, lecz program SCANGRAF niezawodnie je wykrywa i wizualizuje.

Dla próbek przedstawionych na rycinie 10 przyjęto domyślne wartości parametrów transformacji, czyli po 20 iteracji (powtórzeń) transformacyjnych. Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego opracowania nie można zaprezentować ich wszystkich. Poniżej przedstawiono obrazy próbek podpisów po pięciu transformacjach (ryc. 11), ośmiu (ryc. 12) i dwunastu (ryc. 13) jako najbardziej charakterystyczne.

Wprowadzie przy ustalaniu parametrów transformacji przyjęto 20 iteracji, ale już ta o numerze 12, pokazana na rycinie 13, bardzo wyraźnie wizualizuje brak zgodności cieniowania, co zaznaczono czerwonymi



Ryc. 14. Wyjściowe obrazy próbek o różnej kolorystyce linii graficznych.

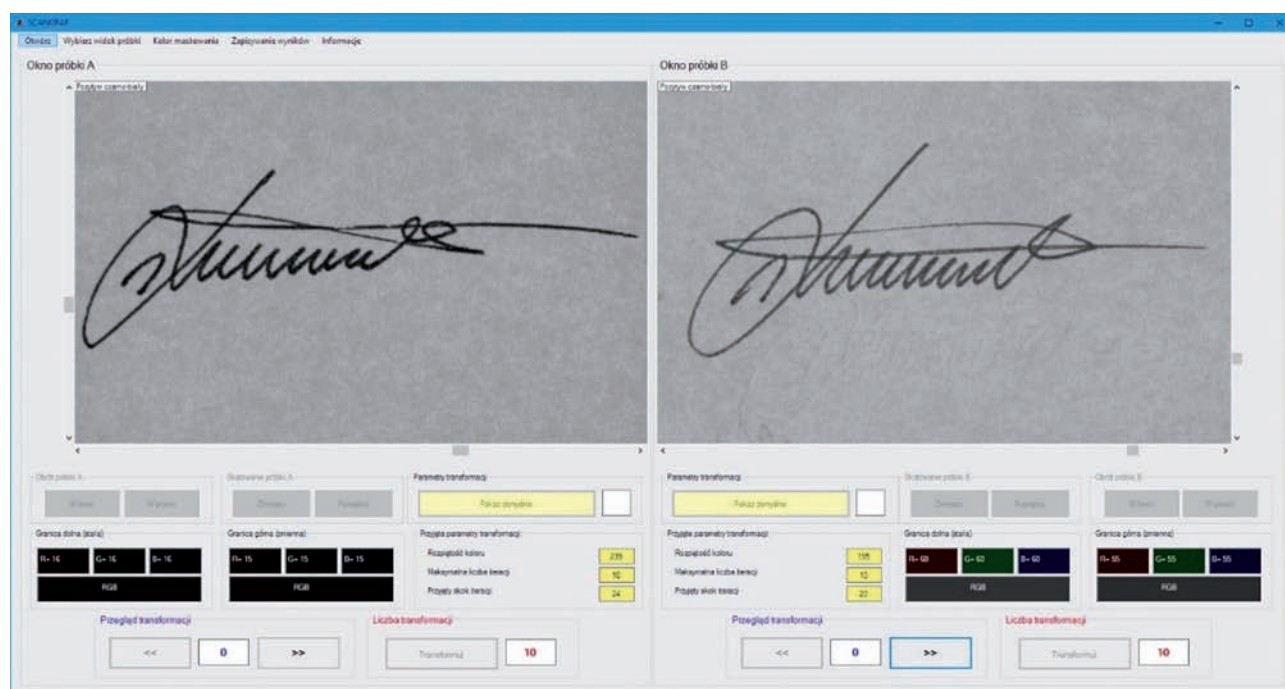
prostokątami. W tej sytuacji kontynuowanie następnych iteracji nie jest konieczne. W świetle obrazów próbek z ryciny 13 ekspert upoważniony jest do zakwestionowania zgodności cieniowania, a także naciskowości.

Na rycinie 14 przedstawiono kolejną parę próbek.

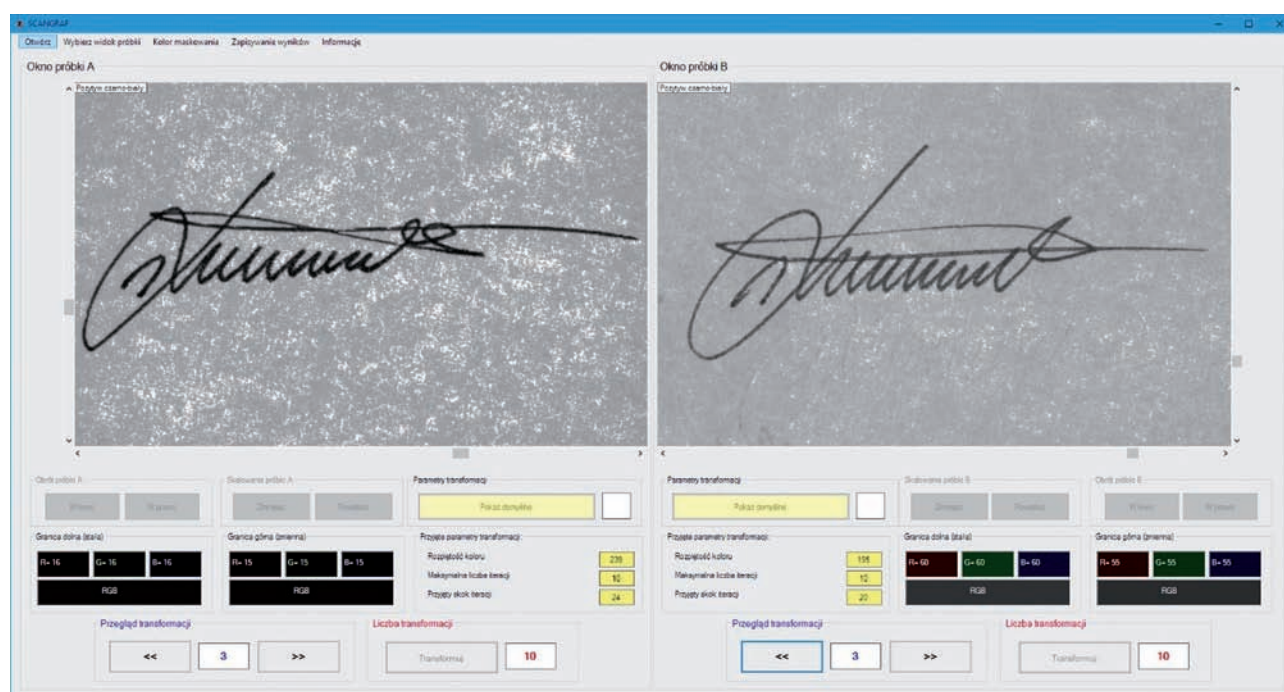
W sytuacji gdy kolorystyka linii graficznych jest różna, zaleca się ich konwersję, czyli zamianę obrazów

barwnych na ekwiwalenty czarno-białe, o czym była już mowa wcześniej.

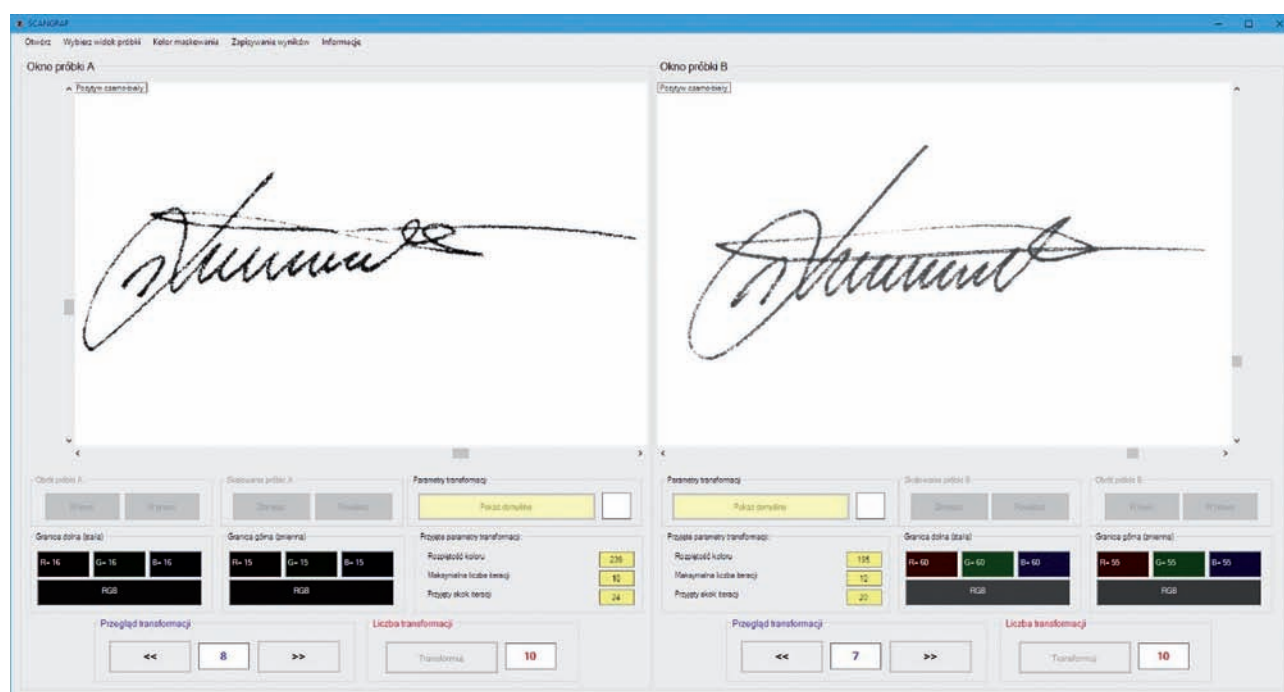
Po wykonaniu trzech iteracji szare tła próbek zaczynają się „przejaśniać” (ryc. 16), ale do oceny zgodności rozkładu cieniowania potrzebne są dalsze transformacje.



Ryc. 15. Obrazy próbek z ryciny 14 po wybraniu widoku „Pozytyw czarno-biały”.



Ryc. 16. Obrazy próbek po trzech transformacjach (szare tło częściowo usunięte).



Ryc. 17. Obrazy próbek po ośmiu transformacjach w próbce A i po siedmiu transformacjach w próbce B.

Na rycinie 17 pokazano obrazy próbek po zakończonej analizie. Nie można doszukać się różnic w cieniowaniu i należy uznać te próbki za zgodne. Komentarza wymaga zaprezentowanie wyniku końcowego analizy przy nierównej liczbie iteracji w próbkach (w oknie A – 8, w oknie B – 7). Wynika to z faktu, że nasycenie

barwnikiem linii graficznych porównywanych próbek jest zdecydowanie różne, co wyraźnie widać po ich konwersji (ryc. 15). Jest to sytuacja całkiem normalna, w praktyce eksperckiej bowiem trudno oczekiwać próbek nakreślonych identycznym odcieniem koloru środka kryjącego.

Uwagi końcowe

Możliwości zastosowania skanografii sięgają o wiele dalej, niż wyżej opisano. Zastosowano ją m.in. w programach BARWOSKAN i PROFILOSKAN opracowanych w ramach wspomnianego projektu rozwojowego nr DOBR-BIO4/038/13297/2013 pt. „Pomiarowe narzędzia wspomagające analizę pisma ręcznego i podpisów”.

Program BARWOSKAN umożliwia barwometryczną analizę środków kryjących na podstawie mapy bitowej próbki zapisu lub jej wybranego fragmentu, według modelu RGB. Wyniki analizy w postaci zapisów liczebności wszystkich pikseli znajdujących się w obrazie próbki są prezentowane na wykresach i histogramach. Powstaje w ten sposób ilościowa charakterystyka zawartości barwnej obrazu. Analiza umożliwia wykrywanie różnic w zawartości barwnej porównywanych próbek oraz sparametryzowaną ocenę rozkładu i stopnia cieniowania linii graficznej.

Program profilometryczny PROFILOSKAN służy do analizy siły nacisku narzędzia pisarskiego wzdłuż poziomej linii pomiarowej (jednej lub kilku) wyznaczonej przez eksperta (opcja analizy liniowej) albo w wybranych punktach (opcja analizy punktowej) w porównywanych próbkach.

Istotne *novum* obydwu programów polega na tym, że umożliwiają one nie tylko jakościową, ale również ilościową ocenę właściwości motorycznych pisma, do jakich należą rozkład cieniowania i stopień nacisku środka pisarskiego na podłoże dokumentu. Szerzej programy te zostały omówione wcześniej (Goc, Łuszczuk, Łuszczuk, Tomaszewski, 2016, s. 13–27) i zaprezentowane na konferencjach naukowych (Łuszczuk, Goc, Łuszczuk, 2013; Goc, Łuszczuk, Łuszczuk, Tomaszewski, 2014). Prototypy programów, przekazane wraz ze sprawozdaniem z realizacji projektu do NCBiR, czekają na wdrożenie.

W Instytucie Kryminalistyki Polskiego Towarzystwa Kryminalistycznego trwają prace koncepcyjno-pilotażowe, których efektem są kolejne propozycje aplikacji wykorzystujących skanografię komputerową, o szerszych możliwościach zastosowań niż tylko analiza pismoznawcza (są to m.in. programy INWERTOSKAN, BARWOMETR, PREZENTER).

Aplikacje te pozwalają na porównywanie obrazów, rysunków, formularzy, wzorów czeków, kart płatniczych i kredytowych, dowodów osobistych, praw jazdy, paszportów, dyplomów i innych dowolnych dokumentów, jeśli zachodzi podejrzenie, że kolorystyka jednego z nich została zniekształcona w wyniku fałszerstwa albo w wyniku niedoskonałości procesu produkcji. Umożliwiają inwersję i konwersję obrazów, nadawanie im półprzezroczystości i porównywanie nie tylko dokumentów, ale także innych obiektów i osób (zapisy z monitoringu, ślady na łuskach i pociskach, ślady mechanoskopijne, traseologiczne itp.).

Źródła rycin i tabeli: autorzy

Bibliografia

1. Goc, M. (2016). *Współczesny model ekspertyzy pismoznawczej. Wykorzystanie nowych metod i technik badawczych*. Warszawa–Szczecin: Volumina.pl – Polskie Towarzystwo Kryminalistyczne, wyd. II.
2. Goc, M., Łuszczuk, A., Łuszczuk, K., Tomaszewski, T. (2014). *Pomiarowe narzędzia wspomagające analizę pisma ręcznego i podpisów. Komunikat z realizacji projektu rozwojowego nr DOBR-BIO4/038/13297/2013*, referat wygłoszony podczas VIII Zjazdu Katedr Kryminalistyki, Kraków, 15–17 września 2014 r.
3. Goc, M., Łuszczuk, K., Łuszczuk, A., Tomaszewski, T. (2016). Programy komputerowe jako narzędzie wspomagające ekspertyzę pisma ręcznego. *Problemy Kryminalistyki*, 294.
4. Harrison, W.R. (1958). *Suspect Documents. Their Scientific Examination*. London: Sweet and Maxwell.
5. Hecker, M.R. (2000). *Traktat über den Wissenschaftlichkeitsanspruch der forensischen Schriftvergleichung*. Wrocław: Kolonia.
6. Kwiatkowska-Wójcikiewicz, V., Wójcikiewicz, J. (2010). O subiektywizmie biegłych uwag kilka. W: Z. Kegel (red.), *Aktualne tendencje w badaniach dokumentów. Materiały XIII Wrocławskiego Sympozjum Badań Pisma* (s. 319–328). Wrocław: Uniwersytet Wrocławski, Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii.
7. Łuszczuk, A., Goc, M., Łuszczuk, K. (2013). *Aktualne tendencje w ekspertyzie pismoznawczej*, referat (niepublikowany) wygłoszony podczas konferencji naukowej „Współczesna kryminalistyka – wyzwania i zagrożenia” w ramach VII Zjazdu Katedr Kryminalistyki w Wyższej Szkole Policji, Szczytno, 9–11 września 2013 r.
8. Łuszczuk, A., Łuszczuk, K. (2012). Scangrafia. Komputerowa, barwometryczna analiza pisma ręcznego. W: Z. Kegel, R. Cieśla (red.), *Znaczenie aktualnych metod badań dokumentów w dowodzeniu sądowym*. Wrocław: Prawnicza i Ekonomiczna Biblioteka Cyfrowa, Uniwersytet Wrocławski, Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii.
9. Moszczyński, J. (2011). *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka*. Olsztyn: Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.
10. Wiśła, T. (1982). Źródła błędów w opiniach pismoznawczych. *Palestra*, 11/12.