

MATERIAŁY SZKOLENIOWE

Tomasz Szczepański¹

FRStat – narzędzie wspomagające interpretację zgodności odwzorowań linii papilarnych

Streszczenie

Artykuł podejmuje tematykę daktyloskopijnych badań identyfikacyjnych. W pierwszej części przybliżono podstawy na jakich opiera się metoda identyfikacji człowieka bazująca na analizie układów tworzonych przez linie papilarne. Skrótowno przedstawiono w jaki sposób eksperci prowadząc identyfikacyjne badania dochodzą do konkluzji o zgodności odwzorowań linii papilarnych, bądź też jej braku, w tym także metodykę prowadzenia badań porównawczych określaną skrótowo ACE-V. W drugiej części artykułu nawiązano do pojawiających się wątpliwości i zastrzeżeń dotyczących identyfikacyjnych badań kryminalistycznych, które charakteryzują się dużym poziomem subiektywizmu wyprowadzanych konkluzji oraz wskazano kierunki, w jakich identyfikacja kryminalistyczna może zmierzać w dążeniu do obiektywizacji uzyskiwanych wyników, między innymi przy wykorzystaniu autonomicznych algorytmów. Jednym z efektów takich działań jest opracowanie oprogramowania wspomagającego ekspertów daktyloskopii o nazwie FRStat. Narzędzie to pozwala zmierzyć podobieństwo konfiguracji tworzonych przez minucje układów dwóch odwzorowań linii papilarnych, przez co dostarcza ekspertom zobiektywizowane dane wspierające wniosek uzyskany w wyniku przeprowadzonych badań porównawczych o zgodności odwzorowań. Dane wejściowe aplikacji stanowią wyznaczone przez eksperta zależności przestrzenne oraz kąty, jakie tworzą układy minucji wynikające z przebiegu linii na porównywanych odwzorowaniach linii papilarnych. Otrzymane wyniki są oceniane w odniesieniu do ze-

¹ Dr Tomasz Szczepański, funkcjonariusz Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego, ORCID: 0000-0002-0157-6293.

stawu danych wartości statystycznych otrzymanych dla porównywanych par odwzorowań linii papilarnych, występujących w praktyce daktyloskopijnej pochodzących od tego samego źródła (zgodnych) i niepochodzących od tego samego źródła (niezgodnych).

Słowa kluczowe

Daktyloskopia, identyfikacja, ślady linii papilarnych, wartość identyfikacyjna, FRStat.

1. Daktyloskopijne badania porównawcze – zarys

Daktyloskopia jest dziedziną kryminalistyki, w której dokonuje się identyfikacji osób na podstawie listewek skórnych nazywanych powszechnie liniami papilarnymi, znajdujących się na wewnętrznych powierzchniach palców, dłoni i stóp. Linie papilarne tworzą na skórze wzory, które są wyznaczone przebiegiem listewek. Miejsca, w których przebieg linii jest zaburzony w taki sposób, że linie zaczynają lub kończą się, bądź występują inne charakterystyczne cechy, określane są jako minucje, nazywane także zamiennie cechami szczególnymi lub cechami szczegółowymi.

Na wstępie należy zdefiniować pojęcia określające wzory tworzone przez układy linii papilarnych, a mianowicie: odwzorowanie, ślad i odbitka. Otóż odwzorowanie linii papilarnych jest pojęciem najszerszym i obejmuje wszystkie wyżej wymienione układy linii papilarnych. Ślad linii papilarnych powstaje w momencie kontaktu listewek skórnych z podłożem. Z kolei o odbitce linii papilarnych możemy mówić w przypadku materiału porównawczego pobieranego na karty daktyloskopijne. Specyficznym pojęciem jest odcisk linii papilarnych, który w znaczeniu kryminalistycznym będzie śladem linii papilarnych odcisniętym w plastycznym podłożu, natomiast w języku prawnym będzie oznaczał odbitki linii papilarnych pobierane jako materiał porównawczy².

Badania daktyloskopijne opierają się na kilku założeniach. Po pierwsze przyjmuje się, że morfologia układów linii papilarnych jest niepowtarzalna³. Wynika to z faktu, że układy linii papilarnych kształtują się w życiu płodowym, a wpływ ma na to wiele występujących kompleksowo czynników, które mogą znaleźć wyjaśnienie w procesach biologicznych, fizycznych i chemicznych. Potwierdzeniem tego może być chociażby fakt występowania różnych ukła-

² K. Tomaszycycki, Ślad, odbitka, odwzorowanie – terminy opisujące materiał dowodowy i porównawczy w daktyloskopijnych badaniach identyfikacyjnych, *Problemy Kryminalistyki* 2006, nr 253, s. 69–71.

³ J. Moszczyński, *Daktyloskopia. Zarys teorii i praktyki*, Wydawnictwo CLK KGP, Warszawa 1997, s. 21.

dów linii papilarnych u bliźniąt monozygotycznych^{4,5}. Wieloletnia praktyka daktyloskopijna oraz funkcjonujące wielkoskalowe systemy AFIS, jak dotąd także nie dowiodły istnienia dwóch osób mających takie same układy linii papilarnych. Wszystkie stworzone modele teoretyczne próbujące scharakteryzować różnorodność układów linii papilarnych również przemawiają za ich indywidualnym charakterem. Pomimo tego należy stwierdzić, że dowiedzenie z całą pewnością, że nie istnieją (bądź nie istniały w przeszłości) naturalnie powstałe dwa identyczne układy linii papilarnych jest niemożliwe. Zatem biorąc pod uwagę powyżej wymienione argumenty oraz fakt, że przebadanie całej żyjącej obecnie, jak również wszystkich poprzednio żyjących populacji nie jest możliwe, należy uznać, że prawdopodobieństwo istnienia w przyrodzie dwóch osób mających taki sam układ linii papilarnych jest ekstremalnie niskie, bliskie zeru. Mimo wszystko, jak natura wielokrotnie dowiodła, pewne procesy nawet bardzo mało prawdopodobne, mogą jednak czasami w przyrodzie zachodzić. Zatem rozsądek nie uprawnia do bezwarunkowego stwierdzenia, że nie jest możliwe istnienie dwóch osób o takim samym układzie linii papilarnych, aczkolwiek jest to tak ekstremalnie nieprawdopodobne, że może być w codziennej praktyce daktyloskopijnej całkowicie pomijane. Jasne jest także, że wraz ze wzrostem liczby cech charakterystycznych odwzorowania linii papilarnych zwiększa się skomplikowanie całego tworzonego układu, a co za tym idzie rośnie liczba możliwych wariacji. Przekłada się to na większą wartość informacyjną odwzorowania, rozumianą jako abstrakcyjną miarę określającą wszelkie cechy indywidualizujące odwzorowanie, nazywaną często także wartością identyfikacyjną. Dlatego też, po określeniu odpowiedniego progu bezpieczeństwa, wskazującego na minimalne wymagania odnośnie wartości informacyjnej odwzorowań linii papilarnych (w standardzie numerycznym będzie to minimalna liczba minucji – w Polsce 12 bądź w uzasadnionych przypadkach 8), opinie będą cechować się uznawaną dotychczas tradycyjną kategorycznością, w szczególności, gdy dotyczą odwzorowań linii papilarnych o akceptowalnej jakości i czytelności. Należy jednak podkreślić, że przedstawiciele nauk sądowych na świecie, szczególnie wywodzący się z ośrodków akademickich, coraz częściej postulują odejście od kategoryczności wydawanych opinii daktyloskopijnych na rzecz konkluzji probabilistycznych, funkcjonujących w innych specjalnościach identyfikacji kryminalistycznej. Wskazują przy tym argumenty, że takie rozwiązanie jest bardziej naukowym podejściem do zagadnienia. Z całą pewnością dla organów procesowych przywykłych do tradycyjnych kategorycznych opinii daktyloskopijnych takie rozwiązanie mogłoby być w niektórych przypadkach mniej satysfakcjonujące. Niemniej, jak twierdził

⁴ Cz. Grzeszyk, *Daktyloskopia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992, s. 36.

⁵ K. Wertheim, *Embryology and morphology of friction ridge skin*, (w:) A. McRoberts (red.), *The Fingerprint Sourcebook*. National Institute of Justice (www.ojp.gov/pdffiles1/nij/225320.pdf – dostęp 31 stycznia 2022 r.), s. 3–19.

J. Moszczyński wprowadzenie opinii prawdopodobnych w daktyloskopii wypełniłoby swoistą szarą strefę, w której eksperci nie mając całkowitej pewności powinni mieć możliwość wyrażenia swoich wątpliwości⁶. Ponadto jak się wskazuje, jasny komunikat płynący z kategoriycznych opinii może wprowadzać odbiorcę w błąd, ponieważ jest on wówczas w stanie nadać większą pewność wnioskowi o zgodności bądź niezgodności niż jest to faktycznie uzasadnione⁷.

Kolejne założenie leżące u podstaw daktyloskopii obejmuje niezmiennosc układów linii papilarnych. Ukształtowane w życiu płodowym przebieg i cechy szczególne linii papilarnych nie ulegają zmianom w całym okresie życia, aż do pośmiertnego rozkładu ciała człowieka. Jedynie procesy wzrostowe powodują powiększenie listewek skórnych we wszystkich wymiarach⁸. Należy jednak podkreślić, że skóra człowieka ulega ciągłej regeneracji, a w miejsce obumarłych komórek powstają nowe, w efekcie czego mogą pojawiać się mikroskopijne zmiany⁹.

W niektórych źródłach można znaleźć także założenie określane jako niezniszczalność bądź trwałość linii papilarnych, które zakłada, że niektóre czynniki m.in. mechaniczne, chemiczne, cieplne, choroby, i inne, nie powodują trwałego zniekształcenia występującego na skórze układu linii papilarnych. Po ustąpieniu działania tych czynników skóra ulega regeneracji, a odbudowany układ linii papilarnych pozostaje bez większych zmian¹⁰. Odmianą kwestią są uszkodzenia głębszych warstw skóry, w wyniku których powstają blizny, które po wygojeniu nie zmieniają swojego kształtu i mogą być wykorzystywane jako cechy identyfikacyjne odwzorowań linii papilarnych.

Następne założenie identyfikacji daktyloskopijnej ma fundamentalne znaczenie dla kryminalistyki, a mianowicie wskazuje, że w trakcie kontaktu z podłożem określonego obszaru skóry z umiejscowionymi listewkami skórными, zostaje odwzorowany indywidualny układ linii papilarnych. Na tej podstawie możliwe jest udowodnienie kontaktu zidentyfikowanej osoby z określoną powierzchnią danego przedmiotu. Założenie to jest zgodne z jedną z podstawowych zasad kryminalistyki określonych przez E. Locarda, mówiącą, że każdy kontakt pozostawia ślad.

Niezwykle istotne jest założenie określające wymagania dotyczące wartości informacyjnej odwzorowań linii papilarnych wystarczającej do identyfikacji. Ze względu na obligatoryjność akredytowania działalności laboratoryjnej w obszarze badań daktyloskopijnych na mocy Decyzji Ramowej Rady

⁶ J. Moszczyński, Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i Zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka, Wydawnictwo UWM, 2011, s. 74.

⁷ B. Garrett, G. Mitchell, N. Scurich, Comparing categorical and probabilistic fingerprint evidence, *Journal of Forensic Sciences* 2018, nr 63, s. 1712–1717.

⁸ Cz. Grzeszyk, *op. cit.*, s. 29.

⁹ K. Wertheim, *op. cit.*, s. 3–19.

¹⁰ Cz. Grzeszyk, *op. cit.*, s. 33; J. Moszczyński, *Daktyloskopia...*, *op. cit.*, s. 22.

2009/905/WSiSW z dnia 31 listopada 2009 r., w Polsce, gdzie przyjęto stosowanie standardu numerycznego identyfikacji daktyloskopijnej, nastąpiło pewne sformalizowanie tych wymogów¹¹. W wydanym przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) dokumencie DAB–10 określono wymóg wyznaczenia co najmniej 12 minucji, a w przypadku braku takiej możliwości dopuszczono możliwość wyznaczenia 8–11 minucji, jednakże wówczas brana jest także pod uwagę wartość identyfikacyjna minucji (czytelność śladu, częstość występowania, obecność centrum wzoru i delt), wsparta cechami poroskopijnymi, krawędzioskopijnymi i innymi, jeżeli czytelność śladu na to pozwala¹². Co ciekawe, w aktualnym wydaniu DAB–10 można znaleźć zapis, powołujący się na reguły zaproponowane przez E. Locarda, chociaż określone wymagania nie pokrywają się wzajemnie. DAB–10 przewiduje dążenie w uzasadnionych przypadkach do wskazania 12 cech szczególnych, warunkowo dopuszczając liczbę 8–11, natomiast według E. Locarda niewątpliwa identyfikacja wymaga co najmniej 13 cech, a warunkowo dopuszcza wskazanie 8–12 cech szczególnych¹³.

Ostatnie założenie wskazuje, że odwzorowanie linii papilarnych o wystarczającej wartości informacyjnej może być zgodne lub niezgodne ze źródłem, którym w tym przypadku będzie obszar skóry z liniami papilarnymi. Zgodność oznaczać będzie, że dwa odwzorowania powstały w trakcie kontaktu tego samego obszaru skóry, natomiast niezgodność będzie wykluczać taką możliwość.

Eksperti daktyloskopii dochodząc do konkluzji w badaniach o źródle pochodzenia odwzorowań linii papilarnych wykorzystują głównie trzy procesy rozumowania, a mianowicie:

- 1) dedukcyjnego (jeśli $A \text{ i } B \rightarrow C$) – dwa odwzorowania linii papilarnych pochodzą od tego samego źródła (warunek A – przypadek) i identyfikacja jest możliwa, bo układy tworzone przez cechy listewek skórnych są niepowtarzalne oraz trwałe (warunek B – reguła), dlatego występuje zgodność cech obydwu odwzorowań (warunek C – wynik),
- 2) indukcyjnego (jeśli $A \text{ i } C \rightarrow B$) – dwa odwzorowania linii papilarnych pochodzą od tego samego źródła (warunek A – przypadek), i występuje zgodność cech obydwu odwzorowań (warunek C – wynik), identyfikacja jest możliwa dlatego, że układy tworzone przez cechy listewek skórnych są niepowtarzalne oraz trwałe (warunek B – reguła),
- 3) abdukcyjnego (jeśli $B \text{ i } C \rightarrow A$) – identyfikacja jest możliwa, bo układy tworzone przez cechy listewek skórnych są niepowtarzalne oraz trwałe

¹¹ Decyzja Ramowa Rady 2009/905/WSiSW z dnia 31 listopada 2009 r. w sprawie akredytacji dostawców usług kryminalistycznych wykonujących czynności laboratoryjne, Dz.U. UE L 322 z dnia 9 grudnia 2009 r.

¹² DAB–10 Akredytacja Laboratoriów Badawczych – dostawców usług kryminalistycznych wykonujących czynności laboratoryjne, Polskie Centrum Akredytacji, wydanie 2 z dnia 15 grudnia 2020 r., s. 5–6.

¹³ E. Locard, Dochodzenie przestępstw według metod naukowych. Tłumaczenie: R. Mer-son, E. Wiśniewski, Księgarnia Powszechna, Łódź 1937, s. 108.

(warunek B – reguła), i występuje zgodność cech obydwu odwzorowań (warunek C – wynik), dlatego dwa odwzorowania linii papilarnych pochodzą od tego samego źródła (warunek A – przypadek).

Rozumowanie dedukcyjne (jeśli A i B → C) odgrywa istotną rolę w procesie kształcenia kandydatów na ekspertów, kiedy to szkolący i szkoleny wiedzą, że dwa odwzorowania pochodzą od tego samego źródła (warunek A – przypadek), znają zasadę niepowtarzalności oraz trwałości odwzorowań (warunek B – reguła), i dostrzegają zgodność cech obydwu odwzorowań (warunek C – wynik). Dedukcja pozwala poznać dopuszczalną tolerancję dla zmienności odwzorowań wynikających z możliwych zniekształceń powstających w trakcie kontaktu skóry z podłożem. Z kolei rozumowanie indukcyjne (jeśli A i C → B) wspiera jedno z podstawowych założeń daktyloskopii, że odwzorowania linii papilarnych są niepowtarzalne oraz trwałe (warunek B – reguła), ponieważ w każdym porównaniu dwóch odwzorowań pochodzących od tego samego źródła (warunek A – przypadek), występuje zgodność cech (warunek C – wynik). Jednakże, żeby metodą indukcyjnego rozumowania można było dowieść niepowtarzalności oraz trwałości odwzorowań linii papilarnych, należałoby poddać badaniom wszystkie występujące odwzorowania, co jest oczywiście niemożliwe. Rutynowe badania identyfikacyjne najlepiej odzwierciedla proces rozumowania abdukcyjnego (jeśli B i C → A). Ekspert wie, że identyfikacja jest możliwa, bo układy tworzone przez cechy listewek skórnych są niepowtarzalne oraz trwałe (warunek B – reguła), dostrzega zgodność cech obydwu odwzorowań (warunek C – wynik), dlatego wnioskuje, że obydwa odwzorowania linii papilarnych pochodzą od tego samego źródła (warunek A – przypadek)¹⁴.

Na świecie w badaniach daktyloskopijnych szeroko przyjęta się metodyka kryminalistycznych badań porównawczych określana jako ACE–V, która została opracowana przez Królewską Kanadyjską Policję Konną (*The Royal Canadian Mounted Police*) w ubiegłym wieku jako protokół badań obejmujących obok daktyloskopii, traseologię i pismo ręczne¹⁵. Metodyka określona akronimem ACE–V dzieli proces identyfikacji na etapy:

A – Analiza (ang. *Analysis*),
C – Porównanie (ang. *Comparison*),
E – Ewaluacja (ang. *Evaluation*),
V – Weryfikacja (ang. *Verification*).

W trakcie analizy (A) określa się wartość identyfikacyjną odwzorowania, która obejmuje przede wszystkim, w przypadku stosowanego numerycznego

¹⁴ J. R. Vanderkolk, Examination process, (w:) A. McRoberts, (red.), *The Fingerprint Sourcebook*. National Institute of Justice (www.ojp.gov/pdffiles1/nij/225320.pdf – dostęp 31 stycznia 2022 r.), s. 9–4 – 9–5.

¹⁵ Ch. Champod, Ch. Lennard, P. Margot, M. Stoilovic, *Fingerprints and other ridge skin impressions*, CRC Press, Second Edition, Boca Raton 2016, s. 34.

standardu, możliwość wyznaczenia minimalnej do celów identyfikacyjnych liczby cech szczególnych (minucji). Jak już wspomniano, w Polsce przyjmuje się, że ślad linii papilarnych nadający się do identyfikacji musi obejmować co najmniej 12 minucji, a w uzasadnionych przypadkach nie mniej niż 8. Oprócz liczby minucji bierze się pod uwagę wszystkie występujące w odwzorowaniu cechy indywidualizujące takie jak: cechy grupowe, ogólny i szczegółowy przebieg linii, morfologia, typ, kierunek, lokalizacja i wzajemne rozmieszczenie minucji lub ich brak, cechy poroskopijne i krawędzioskopijne, czytelność odwzorowania, białe linie oraz blizny. Co jest niezmiernie istotne, analiza śladu musi być przeprowadzona przed zapoznaniem się z materiałem porównawczym. Wynika to z konieczności uniknięcia ryzyka pojawienia się błędu poznawczego eksperta, związanego z możliwą niewłaściwą interpretacją cech charakterystycznych badanego odwzorowania, w szczególności cech niejednoznacznych i mało czytelnych. Analiza obejmuje także ocenę czytelności obserwowanych cech pod kątem przydatności w dalszym procesie porównywania, uwzględniając przy tym m.in. technikę ujawniania, rodzaj podłoża, możliwość wystąpienia w trakcie kontaktu skóry z podłożem różnych zniekształceń, które można wyjaśnić np. dynamiką powstawania śladu. Ocena wartości identyfikacyjnej śladu może prowadzić do konkluzji częściowych, a mianowicie o zakwalifikowaniu do identyfikacji, gdy stwierdzono co najmniej 12 cech charakterystycznych bądź w uzasadnionych przypadkach co najmniej 8 i określana jest jako VID (ang. *Value for Identification*), bądź niezakwalifikowaniu do identyfikacji w przypadku braku spełnienia powyższych warunków, określanego jako NV (ang. *No Value*). Możliwa jest także jeszcze jedna sytuacja dopuszczana przez niektóre laboratoria, a mianowicie stwierdzenie niezgodności z materiałem porównawczym w przypadku śladów niezakwalifikowanych do identyfikacji. Tak sytuacja może mieć miejsce, gdy wartość identyfikacyjna śladu nie kwalifikuje go do identyfikacji, ale jednocześnie jest na tyle duża, że możliwe jest wykluczenie jego pochodzenia i określana jest jako VEO (ang. *Value for Exclusion Only*)^{16,17}.

Istotą porównania (C) jest systematyczne badanie dwóch odwzorowań linii papilarnych w celu zaobserwowania podobieństw i różnic przy uwzględnieniu wszystkich wymienionych wyżej cech zidentyfikowanych na etapie analizy. W efekcie wynikiem porównania jest kolejna konkluzja częściowa mówiąca o zgodności dwóch odwzorowań linii papilarnych bądź jej braku.

¹⁶ Ch. Champod, Ch. Lennard, P. Margot, M. Stoilovic, *op. cit.*, s. 52.

¹⁷ Możliwość wydania opinii katerycznej o braku zgodności z materiałem porównawczym w przypadku śladów niezakwalifikowanych do identyfikacji tj. mających mniej niż 8 minucji, w uzasadnionych przypadkach, przewiduje akredytowana przez PCA procedura badawcza „Identyfikacja odwzorowań linii papilarnych” obowiązująca w Biurze Badań Kryminalistycznych Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego.

Poczynione wcześniej obserwacje i ustalenia w trakcie analizy (A) i porównania (C) są poddawane krytycznej ocenie na kolejnym etapie – ewaluacji (E). Rozważając dwie przeciwstawne hipotezy, a mianowicie o zgodności dwóch odwzorowań linii papilarnych lub jej braku, wyprowadzana jest konkluzja końcowa i ekspert formułuje kategoriyczny wniosek końcowy.

Należy podkreślić, że opisana powyżej procedura ACE jest w pewnym stopniu wyidealizowanym modelem postępowania. Natomiast umysł ludzki działa w sposób bardziej kompleksowy i nie jest możliwe przeprowadzenie procesu identyfikacji w prosty sposób poprzez kolejno następujące po sobie etapy analizy (A), porównania (C) i ewaluacji (E). W rzeczywistości proces identyfikacji rozpoczyna się kolejno poprzez etapy A, C i E, równocześnie eksperci daktyloskopii na ogół przeprowadzają ponowną analizę (A), porównanie (C) i ewaluację (E), czyniąc to często wielokrotnie. Uważa się, że zjawisko to jest naturalne. Taka sytuacja pojawia się chociażby w przypadku, gdy zebrane w danym etapie badań informacje uznaje się za niewystarczające. Wówczas ekspert wraca do poprzedniego etapu przeprowadzając go ponownie. Można stwierdzić, że w praktyce wszystkie etapy nie mogą być traktowane jako zupełnie niezależne i w pewnym stopniu przenikają się wzajemnie. Jednakże eksperci daktyloskopii muszą w trakcie badań mieć świadomość powtarzania, przenikania i odwracania kolejności etapów, a co za tym idzie muszą zachować ostrożność, w szczególności w kwestii możliwości wystąpienia błędów poznawczych. Kluczowe jest, aby analiza, porównanie i ewaluacja nie opierały się na cechach indywidualizujących ślad, których w rzeczywistości nie ma, a zostały z różnych powodów błędnie uznane przez eksperta za istniejące¹⁸. Przyczyny występowania błędów poznawczych są różnorodne i nader często występują łącznie. W tej grupie błędów można wymienić m.in. doświadczenie, motywację, wnioski i ustalenia cząstkowe innych ekspertów, kontekst sprawy, presję, czy też wyniki. W celu zminimalizowania ryzyka powstawania tego typu błędów wskazuje się przede wszystkim na szkolenie ekspertów, także z zakresu psychologii poznawczej, ograniczenie kontaktów między ekspertami badającymi ten sam materiał, a także z funkcjonariuszami prowadzącymi postępowanie, w tym ograniczenie dostępu do szczegółów sprawy w zakresie niezbędnym do prawidłowego przeprowadzenia badań¹⁹.

Eksperti daktyloskopii przeprowadzając badania identyfikacyjne odwzorowań linii papilarnych, w odróżnieniu od innych dyscyplin kryminalistyki, zwłaszcza o typowo instrumentalnym charakterze (np. badania chemiczne, genetyczne), nie posiłkują się zapleczem aparaturowym dostarczającym określonych danych poddawanych następnie analizie i interpretacji. Proces identyfikacji daktyloskopijnej odbywa się właściwie wyłącznie w umyśle eks-

¹⁸ J. R. Vanderkolk, *op. cit.*, s. 9–15.

¹⁹ M. Nawrocka, K. Kiejnich, Błędy poznawcze w ekspertyzie daktyloskopijnej, *Problems of Forensic Sciences* 2018, nr 111, s. 45–59.

pertów, a wykorzystywane narzędzia mają na celu przybliżenie obrazu, wspierają dokładniejszą analizę, poprawę widoczności poprzez zwiększenie kontrastu czy też umożliwienie graficznego oznaczenia zidentyfikowanych cech. Nawet korzystając z systemów automatycznej identyfikacji daktyloskopijnej – AFIS, które pozwalają sprawnie wskazać listę kandydatów z ogromnej grupy rekordów, to eksperci przeprowadzają ostatecznie proces identyfikacji. Wymienione środki należy traktować jako narzędzia ułatwiające pracę ekspertów, którzy interpretują badany obraz linii papilarnych, często w znacznym stopniu o małej czytelności spowodowanej zniekształceniami i szumami wynikającymi chociażby z charakterystyki podłoża czy też techniki ujawniania. Realizowany przez eksperta daktyloskopii proces identyfikacji może rodzić pewne obawy o zachowanie obiektywizmu wydawanych ocen i opinii, a także ich powtarzalności i odtwarzalności. Jednak ze względu na specyfikę procesu identyfikacji daktyloskopijnej zachodzi konieczność posilkowania się subiektywnymi ocenami ekspertów na każdym etapie badań. Najwyższym poziomem subiektywizmu charakteryzuje się detekcja i porównywanie cech, w szczególności śladów o małej czytelności²⁰. Z kolei inne źródła wskazują głównie na subiektywną naturę etapu ewaluacji (C)²¹.

Dążąc do zwiększenia obiektywizmu badań wprowadzono ostatni etap daktyloskopijnych badań identyfikacyjnych określany jako weryfikacja (V). Etap ten ma na celu zminimalizowanie ryzyka popełnienia błędu wynikającego w szczególności z subiektywizmu samego procesu identyfikacji i w efekcie zapobieżenie wydaniu opinii zawierającej fałszywie pozytywny, bądź fałszywie negatywny wynik. Etap weryfikacji polega na przeprowadzeniu całego bądź części procesu identyfikacji przez drugiego eksperta. W praktyce, biorąc pod uwagę różne czynniki, takie jak chociażby obciążenie pracą, laboratoria przyjmują różne strategie przeprowadzenia etapu weryfikacji. Wydaje się, że najlepiej spełnia swoją rolę tzw. ślepa weryfikacja (ang. *blind verification*), kiedy to drugi ekspert przeprowadza cały proces identyfikacji powtórnie, nie znając wyników pierwszego eksperta. Odmienne podejście obejmuje tzw. otwarta weryfikacja (ang. *open verification*), przewidująca dostęp do informacji stojących za ostatecznym wnioskiem pierwszego eksperta dla osoby weryfikującej²². W idealnych warunkach weryfikację powinno się realizować we wszystkich przeprowadzanych porównawczych badaniach odwzorowań linii papilarnych. Jak już wspomniano laboratoria przyjmują różne strategie etapu weryfikacji w daktyloskopijnych badaniach identyfikacyjnych. Przykładowo wymóg

²⁰ J. Moszczyński, *Subiektywizm...*, *op. cit.*, s. 85.

²¹ Ch. Champod, Ch. Lennard, P. Margot, M. Stoilovic, *op. cit.*, s. 104.

²² Best practice recommendation for verification in friction ridge examination, Friction Ridge Subcommittee, Physics/Pattern Scientific Area Committee, Organization of Scientific Area Committee (OSAC) for Forensic Science (www.nist.gov/osac/friction-ridge-subcommittee – dostęp 31 stycznia 2022 r.).

obligatoryjnego przeprowadzania części badań obejmujących dwa etapy, a mianowicie Analizy i Porównania, niezależnie przez drugiego eksperta, który nie zapoznaje się z wnioskami eksperta opiniującego, przewiduje akredytowana przez PCA procedura badawcza „Identyfikacja odwzorowań linii papilarnych” obowiązująca w Biurze Badań Kryminalistycznych Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego. Należy podkreślić, że wybrana strategia weryfikacji powinna zapewniać ekspertowi weryfikującemu możliwość dojścia do własnej, niezależnej decyzji, pozbawionej możliwości wystąpienia błędu poznawczego wynikającego z wpływu wiedzy o ustaleniach pierwszego eksperta²³.

Podsumowując można stwierdzić, że opiniowanie w daktyloskopijnych badaniach identyfikacyjnych bazuje na wiedzy i doświadczeniu ekspertów, którzy przeprowadzają w swoich umysłach proces rozumowania, obejmujący kolejno realizowane etapy badań porównawczych, a w efekcie wyprowadzają swoje wnioski. Opierają je na przyjętym w kraju standardzie numerycznym i wynikającym z niego progu bezpieczeństwa, określającym wymaganą minimalną liczbę zgodnych minutacji, przy braku niedających się wyjaśnić niezgodności.

2. Wsparcie identyfikacji daktyloskopijnej poprzez statystyczną interpretację wyników badań porównawczych – aplikacja FRStat

Począwszy od ubiegłej dekady można było zaobserwować ze strony środowisk naukowych, jak również prawniczych, głównie w USA, narastającą falę krytyki wykonywanych badań kryminalistycznych, kwestionującej wiarygodność wyników opierających się na subiektywnej interpretacji ekspertów, w szczególności w dyscyplinach obejmujących badania odwzorowań (ang. *pattern evidence*), w tym m.in. daktyloskopii. Wskazano, że metoda porównywania cech jest wówczas obiektywna, gdy składa się z procedur, które są zdefiniowane na tyle wystandaryzowaną i wymierną szczegółowością, że mogą być wykonywane przez automatyczny system (algorytm) lub człowieka, aczkolwiek bez dokonywania oceny lub jedynie w niewielkim stopniu. Po drugiej stronie wskazano subiektywne metody porównywania cech, które jak zaznaczono, wymagają istotnej ludzkiej oceny, chociażby co do wyboru cech czy określenia, czy cechy są wystarczająco podobne, aby można uznać je za dopasowane²⁴.

Wyjściem z tej sytuacji miało być opracowanie i wdrożenie narzędzi do oceny i raportowania siły dowodów kryminalistycznych przy wykorzystaniu

²³ J. R. Vanderkolk, *op. cit.*, s. 9–17.

²⁴ Report To The President, Forensic Science in Criminal Courts: Ensuring Scientific Validity of Feature-Comparison Methods, Executive Office of the President President’s Council of Advisors on Science and Technology, 2016, s. 5 (www.obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_forensic_science_report_final.pdf – dostęp 10 października 2022 r.).

zwalidowanych statystycznych metod. W przypadku daktyloskopii zaproponowano pewne rozwiązania, jednak opracowane modele statystyczne, które nie były dostępne szerokiemu gronu odbiorców nie zostały wdrożone w praktyce kryminalistycznej²⁵. Należy podkreślić, że postulat dążenia do przedstawiania wyników badań w miarę możliwości w postaci liczbowej, wynikający z przyjętych zasad oceny dowodu naukowego, uwzględniający orzecznictwo dotyczące badań genetycznych, pojawił się również w Polsce²⁶.

Ciekawe podejście do zagadnienia wdrażania automatycznych algorytmów przedstawili H. Swofford i Ch. Champod²⁷. Określili pięć poziomów autonomizacji badań, podobnie jak zrobiła to branża motoryzacyjna w odniesieniu do wdrażania technologii autonomicznych pojazdów. Poziom 0 oznacza brak zastosowania przez eksperta jakiegokolwiek algorytmu i w praktyce jest stosowany w tradycyjnych badaniach identyfikacyjnych. Rozwiązania takie jak systemy automatycznej identyfikacji daktyloskopijnej AFIS, będące narzędziem umożliwiającym efektywne wyszukiwanie i przechowywanie danych, w praktyce nie odgrywają żadnej roli w merytorycznej ocenie dowodu. Poziom 1 oznacza najniższy poziom implementacji algorytmu, aczkolwiek to nadal człowiek jest odpowiedzialny za sformułowanie wniosków opartych na subiektywnych ustaleniach niezależnie od algorytmu, mając przy tym pełną swobodę w określeniu sposobu uwzględnienia jego wyników. Algorytm może być wykorzystany po sformułowaniu wstępnych wniosków i służyć jako opcjonalne narzędzie pomocnicze uzupełniające wnioski końcowe. Występujące ewentualnie konflikty pomiędzy ekspertem a algorytmem nie wymagają sformalizowania w postaci procedur postępowania, a mogą jedynie skłonić eksperta do zasięgnięcia drugiej opinii m.in. poprzez konsultację z drugim ekspertem. Wynik algorytmu nie jest formalnym składnikiem schematu badania, a co za tym idzie jego wyniki nie są częścią sformułowanych wniosków. Zaletą tego poziomu jest elastyczność co do sposobu wykorzystania algorytmu. Z kolei brak sformalizowanych procedur może budzić wątpliwości, że wyniki algorytmu będą bezpodstawnie dezawuowane w sytuacji, gdy będą sprzeczne z subiektywną oceną eksperta. Zatem podstawą wnioskowania na poziomach 0 i 1 jest wyłącznie opinia eksperta. W przypadku implementacji poziomu 2, algorytm jest wykorzystywany podczas kontroli jakości uzyskiwanych wyników. Podstawą wnioskowania na tym poziomie jest nadal opinia eksperta, jednakże algorytm stanowi już jej wsparcie. Człowiek

²⁵ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, A method for the statistical interpretation of friction ridge skin impression evidence: method development and validation, *Forensic Science International* 2018, nr 287, s. 113–126.

²⁶ P. Girdwoyń, Nowe metody identyfikacji w praktyce sądowej, *Jurisprudencja* 2005, nr 66 (58), s. 90–98.

²⁷ H. J. Swofford, C. Champod, Implementation of algorithms in pattern & impression evidence: a responsible and practical roadmap, *Forensic Science International: Synergy* 2021, nr 3, doi.org/10.1016.j.fsisyn.2021.100142.

przeprowadza badania w tradycyjny sposób i to on odpowiada za wydanie opinii opartej na subiektywnych ustaleniach niezależnie od algorytmu. Jednakże już po sformułowaniu wniosków ekspert wykorzystuje algorytm w celu zapewnienia zgodności uzyskanych wyników z kryteriami wspierającymi wnioski jednocześnie je uzupełniając. Niezgodności pomiędzy wnioskami eksperta a wynikami algorytmu są rozstrzygane przez sformalizowane procedury postępowania, określające przykładowo minimalny próg ilościowy danych wyjściowych otrzymanych z algorytmu. Zaletą tego poziomu jest zapewnienie empirycznego wsparcia opinii eksperta bez zmiany tradycyjnego sposobu interpretacji wyników i wyprowadzania ostatecznych wniosków. Z kolei za ograniczenie można uznać fakt, że ekspert nie ma możliwości stosowania algorytmu przy merytorycznej ocenie materiału badawczego. Poziom 3 implementacji określa przejście do stanu, w którym podstawą wnioskowania staje się wynik działania algorytmu, aczkolwiek wspieranego jeszcze przez człowieka. Algorytm stosuje się przed sformułowaniem wniosków. Ekspert jest odpowiedzialny za sformułowanie końcowych wniosków, jednakże na podstawie danych wyjściowych algorytmu dokonując przy tym ich subiektywnej oceny i interpretacji. Przy czym dane wyjściowe algorytmu muszą spełniać kryteria określone w sformalizowanych procedurach postępowania i ponadto być poparte przez eksperta. Podobnie jak na poziomie 2, niezgodności pomiędzy wynikami algorytmu a wnioskami eksperta są rozstrzygane przez sformalizowane procedury postępowania. Kluczową zaletą poziomu 3 jest możliwość stosowania algorytmu przez eksperta przy merytorycznej ocenie dowodu. Z kolei ograniczeniem jest fakt, że ocena ta pozostaje nadal zależna od subiektywnej opinii eksperta. Na poziomie 4 implementacji algorytm jest wykorzystywany jako podstawa do ostatecznego wnioskowania. Rola człowieka ogranicza się do pełnienia funkcji nadzorczej mającej na celu odpowiednie zastosowanie algorytmu. Ekspert nie wydaje swojej opinii, a jedynie ustala czy wszystkie okoliczności dowodu są odpowiednie do zastosowania algorytmu i czy są zgodne z wymaganiami sformalizowanymi w procedurach postępowania. Zaletą takiego wdrożenia algorytmu jest zminimalizowanie zmienności wyników powodowanych subiektywną interpretacją człowieka. Natomiast wdrażanie implementacji algorytmu na poziomie 4 może być ograniczone z uwagi na mniejsze zaufanie odbiorców opinii co do tak otrzymywanych wyników, w szczególności gdy zrozumienie i wyjaśnienie sposobu, w jaki algorytm generuje określony wniosek może wymagać specjalistycznej wiedzy. Najwyższy poziom implementacji – poziom 5 oznacza autonomiczne działanie algorytmu bez udziału i nadzoru człowieka. Zaletą takiego rozwiązania jest fakt, że raportowane wyniki opierają się wyłącznie na danych wyjściowych z algorytmu, które są całkowicie obiektywne. Jednak trudno sobie wyobrazić sytuację, w której algorytmy cał-

kowicie zastępują ekspertów, którzy mogą zeznawać w sądzie, chociażby w celu wskazania w jaki sposób algorytm wygenerował określony wynik.

Identyfikacyjne badania daktyloskopijne w większości krajów na świecie, w tym w Polsce, realizowane są na najniższym poziomie 0 implementacji algorytmu. To człowiek (ekspert) jest w pełni odpowiedzialny za sformułowanie opinii, bazując na własnych subiektywnych obserwacjach. Jak już wspomina- no, wdrożone w niektórych laboratoriach procedury badawcze wymuszają pewną obiektywizację badań chociażby poprzez stworzenie wymogu etapu weryfikacji badań. Z całą pewnością takie podejście wpływa pozytywnie na zminimalizowanie ryzyka popełnienia błędu przez eksperta, który prowadzi badania bez jakiegokolwiek wsparcia algorytmem. Wdrożenie algorytmu w procesie identyfikacji daktyloskopijnej na poziomie 3 i wyższych, kiedy to algorytm decyduje o wyniku, z pewnością wzbudziłoby uzasadnione obawy i sprzeciw zarówno ze strony samych ekspertów, jak również przedstawicieli organów ścigania i wymiaru sprawiedliwości. Jednakże wydaje się, że imple- mentacja algorytmu na poziomach 1 i 2, czyli jako narzędzia wspierającego opinię, bądź pełniącego istotną rolę w zakresie kontroli jakości uzyskiwanych wyników, mogłoby pozytywnie wpłynąć na obiektywizm, w tym także na jakość wydawanych opinii. Co więcej, wydaje się, że implementacja na takim pozi- omie mogłaby zyskać akceptację samych ekspertów oraz odbiorców, którzy mogliby dostrzec korzyści wynikające ze wsparcia formułowanych wniosków poprzez zastosowanie narzędzi obiektywizujących wyniki.

Jednym z takich narzędzi może być oprogramowanie o nazwie FRStat, które zostało opracowane w amerykańskiej agencji rządowej *U.S. Army Criminal Investigation Laboratory, Defence Forensic Science Center (DFSC)*. Należy podkreślić, że oprogramowanie to jest dostępne dla środowiska krymi- nalistyki i co nie mniej istotne, jest darmowe²⁸. Aplikacja FRStat mierzy podobieństwo pomiędzy dwoma konfiguracjami układu cech szczególnych (minucji) tworzonego przez linie papilarne i oblicza wskaźnik (miarę) podobieństwa²⁹. Należy zwrócić uwagę, że oprogramowanie stworzono w USA, gdzie w odróż- nieniu od Polski, od wielu lat obowiązuje holistyczny (nienumeryczny) stan- dard identyfikacji daktyloskopijnej, nieposiadający wymaganego progu wyzna- czenia minimalnej liczby cech szczególnych (minucji), co powoduje większe zapotrzebowanie na narzędzia, które mogą wspierać ekspertów daktyloskopii. Wynika to także z faktu, że opinie daktyloskopijne wydawane w standardzie holistycznym charakteryzują się wyższym poziomem subiektywizmu³⁰.

²⁸ H. Swofford, FRStat Software (2.1), Zenodo, 2021 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.442684> (dostęp 6 kwietnia 2022 r.)).

²⁹ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

³⁰ J. Moszczyński, *Subiektywizm...*, *op. cit.*, s. 71.

Szczegółowe omówienie oprogramowania FRStat wraz z teoretycznymi oraz empirycznymi podstawami zamieszczone zostały w artykule H. Swofford'a i jego współpracowników opublikowanym na łamach *Forensic Science International*³¹. Poniżej zostaną zaprezentowane podstawowe informacje, które powinny przybliżyć zasadę działania oprogramowania FRStat.

Aplikacja FRStat umożliwia zmierzenie podobieństwa konfiguracji tworzonych przez minucje układów dwóch odwzorowań linii papilarnych. Przedmiotem analizy są zależności przestrzenne jakie tworzą układy minucji oraz kąty wynikające z przebiegu linii papilarnych na porównywanych odwzorowaniach. Dane te wyznaczone są przez eksperta. Otrzymane statystyki podobieństwa są oceniane w odniesieniu do empirycznego zestawu danych wartości statystycznych otrzymanych dla porównywanych par odwzorowań linii papilarnych występujących w praktyce daktyloskopijnej, pochodzących od tego samego źródła (zgodnych) i niepochodzących od tego samego źródła (niezgodnych). Dane te zostały poddane wcześniejszej analizie przez twórców oprogramowania w celu umożliwienia obliczania statystycznie szacowanej siły podobieństwa analizowanych porównań. Należy zaznaczyć, że otrzymane wyniki obliczanych statystyk podobieństwa nie uwzględniają istotnych z punktu widzenia pracy eksperta daktyloskopii danych, takich jak: typ wzoru, rodzaj minucji, specyficzna konfiguracja układu minucji, ani innych cech charakterystycznych wykazujących biologiczne zależności.

W praktycznym ujęciu oprogramowanie FRStat wykrywa na obrazie odwzorowania linii papilarnych naniesione przez eksperta informacje dotyczące miejsca występowania minucji i ich kierunku. W tych miejscach tworzone są swoiste grupy składające się z sąsiadujących pikseli. Po uwzględnieniu wyznaczonego kierunku minucji, grupy te przyjmują kształt elipsy. Każdemu pikselowi w grupie zostaje przypisana określona wartość, która odzwierciedla liczbę pikseli między nim a krawędzią grupy. W rezultacie środkowy piksel podstawy funkcji będzie miał maksymalną wartość, a położenie współrzędnych kartezjańskich³² maksymalnej wartości piksela będzie definiowało dokładne położenie minucji wykorzystywane w dalszej analizie programu. Z kolei kierunek minucji jest wykrywany przez pomiar kąta głównej osi tworzonej przez piksele elipsy³³.

W tym miejscu należy podkreślić, że etap związany z wyznaczaniem minucji jest niezwykle istotny dla całego procesu. Statystyka podobieństwa jest ściśle uzależniona od wyboru i ręcznego wyznaczenia minucji przez ekspertów, a precyzja z jaką są one wyznaczone, warunkuje niepewność obliczanej wartości. Jednakże zdaniem twórców, aplikacja do pewnego stopnia uwzględnia

³¹ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

³² Pozioma oś – x oraz pionowa oś – y.

³³ User Manual FRStat Friction Ridge Interpretation Software v2.1.

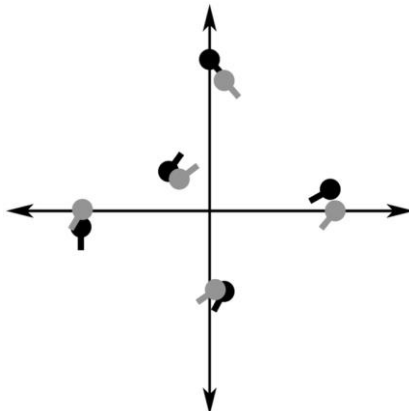
tego typu niepewność, dzięki zastosowanemu iteracyjnemu, losowemu schematowi próbkowania dla oznaczanych minucji, skutkującym losowym przemieszczaniem pod względem odległości i kątów euklidesowych.

Po wyznaczeniu miejsca oraz kąta minucji i zatwierdzeniu przez eksperta, działanie aplikacji przebiega w trzech kolejnych etapach, a mianowicie: parowaniu minucji, pomiarów minucji oraz obliczaniu statystyki podobieństwa. W pierwszym etapie, wyznaczone minucje są parowane poprzez wstępne wykrycie współrzędnych kartezjańskich (pozioma oś – x , pionowa oś – y) oraz kątów (α), jakie tworzą na każdym z odwzorowań linii papilarnych. Dane te reprezentują lokalizację oraz kąt przebiegu linii papilarnej tworzącej każdą wyznaczoną minucję – rycina 1. Wykorzystując te dane, oprogramowanie wykonuje serię przekształceń obejmujących wielokrotne obracanie i zmienianie pozycji minucji w celu zidentyfikowania optymalnego nałożenia na siebie konfiguracji wyznaczonych dwóch układów minucji porównywanych odwzorowań linii papilarnych. W tym celu aplikacja wykorzystuje algorytm optymalizacji kombinatorycznej o nazwie metoda węgierska (ang. *Hungarian algorithm*). W kolejnym etapie przeprowadzane są pomiary wyznaczonych minucji, które obejmują serię przekształceń, takich jak zmiany pozycji i rotacje sparowanych minucji. Analizowane są tryplety składające się z trzech wcześniej wyznaczonych minucji. Z otrzymanych trypletów, dwie minucje stanowią zakotwiczenie pierwotne i wtórne, natomiast wobec trzeciej minucji przeprowadzany jest pomiar euklidesowej odległości oraz kąta, jakie tworzą różnicę pomiędzy sparowanymi minucjami. Pierwotne zakotwiczenie minucji jest zrównane z początkiem wykresu współrzędnych, natomiast wtórne zakotwiczenie minucji jest wyrównane równoległe do osi x wykresu – rycina 2. Aplikacja na podstawie zmierzonych różnic występujących pomiędzy parami minucji oblicza „wagę” (zwaną inaczej istotnością) zarówno dla różnicy odległości, jak i kątów między każdą minucją. Schemat działania jest powtarzany dla wszystkich wyznaczonych minucji na podstawie wszelkich możliwych kombinacji, w każdym możliwym tryplecie wyznaczonych minucji³⁴. Wszystkie sparowane minucje otrzymują dwie „wagi”, które odnoszą się do zmierzonych odległości i kątów. Te dwie „wagi” wyznaczone dla każdej pary minucji są następnie łączone w jedną – lokalną „wagę” minucji³⁵.

³⁴ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

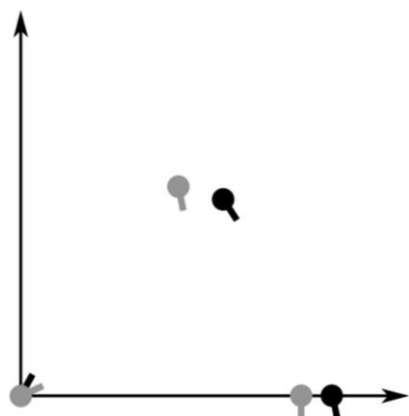
³⁵ User Manual FRStat Friction Ridge Interpretation Software v2.1.

Rycina 1. Wykres przedstawiający nakładanie się sparowanych minucji dwóch odwzorowań linii papilarnych (w kolorze szarym przedstawiono minucje pierwszego odwzorowania, w kolorze czarnym przedstawiono minucje drugiego odwzorowania).



Źródło – opracowanie własne na podstawie H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, A method for the statistical interpretation of friction ridge skin impression evidence: method development and validation, *Forensic Science International* 2018, nr 287, s. 113–126.

Rycina 2. Wykres przedstawiający koncepcję zakotwiczenia i nakładania trypletów minucji, z czego pierwotna para minucji zakotwiczona jest na początku wykresu, a wtórna para minucji jest równoległa do osi x (w kolorze szarym przedstawiono minucje pierwszego odwzorowania, z kolei w kolorze czarnym przedstawiono minucje drugiego odwzorowania).



Źródło – opracowanie własne na podstawie H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, A method for the statistical interpretation of friction ridge skin impression evidence: method development and validation, *Forensic Science International* 2018, nr 287, s. 113–126.

Stosowane przez aplikację FRStat funkcje wagowe wykorzystują niewielkie różnice mierzonych wartości. Jednakże zdaniem twórców oprogramowania, uwzględniają także w trakcie pomiarów dane dotyczące plastyczności skóry i wynikającej z tego niewielkiej zmienności odwzorowań linii papilarnych. Dotyczy to w szczególności powstających w dynamiczny sposób, powodujący lekkie naprężanie skóry i deformowanie odbijanego wzoru, a co za tym idzie zmian przestrzennego układu minucji i kątów jakie tworzą linie papilarne. Należy podkreślić, że zjawisko to jest w zupełności naturalne i powinno zawsze stanowić przedmiot rozważań eksperta daktyloskopii, przeprowadzającego badania identyfikacyjne, czy też badania oceniające.

Projektując funkcje wagowe twórcy aplikacji FRStat dążyli do spełnienia trzech założonych wcześniej kryteriów, a mianowicie:

- niewrażliwości na typową zmienność położenia i kątów minucji spowodowaną dynamiką powstawania odwzorowań linii papilarnych,
- maksymalizacji rozdzielenia otrzymywanych wartości statystyk podobieństwa w odniesieniu do zgodnych i niezgodnych odwzorowań linii papilarnych dla określonej liczby minucji,
- maksymalizacji rozdzielenia wartości statystyk pomiędzy zgodnymi i niezgodnymi odwzorowaniami linii papilarnych wraz ze wzrostem liczby minucji.

Reguły i wartości parametrów funkcji wagowych na wstępie oparto o dane empiryczne zmienności opracowane i opublikowane przez M. Fagerta i K. Morrisa³⁶. Dane te uzyskano podczas pozostawiania zgodnych (pochodzących od tego samego źródła) odwzorowań linii papilarnych, w warunkach działania bocznego nacisku podczas powtarzanego przykładania palca do podłoża, co przejawiało się różnicą w zakresie odległości i kątach tworzonych przez te same układy minucji. H. Swofford i współpracownicy przeprowadzili manualną optymalizację tych reguł i wartości parametrów, wykorzystując w tym celu dane otrzymane ze śladów linii papilarnych zgodnych z materiałem porównawczym, reprezentujących rzeczywiste warunki przeprowadzanych daktyloskopijnych badań porównawczych. Po dokonaniu obliczeń pomiarów i wag dla każdej minucji, uzyskane dane połączono w jedną statystykę i przekształcono w celu wskazania ogólnego podobieństwa całej konfiguracji minucji, w taki sposób, aby wyższe wartości wskazywały na większe podobieństwo³⁷.

Jak już wspomniano, otrzymywane statystyki podobieństwa są ściśle uzależnione od ręcznego wyznaczenia minucji przez ekspertów. W konsekwencji precyzja z jaką oznaczane są minucje ma wpływ na niepewność obliczanych wartości statystyk podobieństwa. W związku z tym parametry losowych przemieszczeń zostały określone poprzez modelowanie zmienności wyzna-

³⁶ M. Fagert, K. Morris, Quantifying the limits of fingerprints variability, *Forensic Science International* 2015, nr 254, s. 87–99.

³⁷ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

czanych minucji na śladach oraz odbitkach linii papilarnych przez grupę ekspertów daktyloskopii³⁸.

Oprogramowanie FRStat obliczając statystyki podobieństwa dwóch odwzorowań linii papilarnych wykorzystuje empiryczne rozkłady, które zostały otrzymane w trakcie analizy zgodnych i niezgodnych par odwzorowań linii papilarnych. Zdaniem twórców aplikacji FRStat to właśnie te empiryczne rozkłady wartości statystyk podobieństwa pomiędzy zgodnymi i niezgodnymi odwzorowaniami linii papilarnych, stanowią podstawę umożliwiającą szacowanie siły dowodu daktyloskopijnego. Jak już wspomniano wyższe wartości otrzymanych statystyk podobieństwa wskazują na większe podobieństwo porównywanych odwzorowań linii papilarnych. Cel, w jakim twórcy oprogramowania FRStat stworzyli je, a mianowicie zastosowanie w sądach, wymagało stworzenia narzędzia możliwie jak najbardziej obiektywnego. W związku z tym, empiryczne rozkłady otrzymano celowo dobierając tendencyjnie dane, a mianowicie odwrotnie do otrzymywanych wyników, tak aby dane dotyczące niezgodnych odwzorowań dawały rezultaty ukierunkowane ku wyższym wartościom statystycznym podobieństwa, a dane dotyczące zgodnych odwzorowań dawały rezultaty ukierunkowane ku niższym wartościom statystycznym podobieństwa. W przypadku danych dotyczących niezgodnych odwzorowań osiągnięto to, po pierwsze poprzez dobieranie takich obszarów odwzorowań linii papilarnych, które maksymalizują możliwość obserwowania wyższych wartości obliczanych statystyk podobieństwa, a po drugie poprzez typowanie układów określonej liczby minucji wskazywanych jako optymalnie sparowane z większego zestawu możliwych układów, w dowolnych warunkach, w taki sposób, aby wartości statystyk były również zmaksymalizowane. W przypadku danych dotyczących zgodnych odwzorowań osiągnięto to poprzez wykorzystanie bocznego kierunku działającej siły i innych zniekształceń występujących w trakcie powstawania odwzorowań linii papilarnych, tak aby wartości statystyki podobieństwa były zminimalizowane. Działania te zmierzały do osiągnięcia sytuacji, w której otrzymane rozkłady stanowiłyby reprezentację pełnego zakresu prawdopodobnych wartości statystyk podobieństwa, obserwowanych w praktyce, spowodowanych zniekształceniami w trakcie powstawania. Jak wspomniano, analizowane rozkłady nie uwzględniały typu wzoru, rodzaju minucji, specyficznej konfiguracji układu minucji ani innych cech charakterystycznych, mających biologiczne podłoże. Co jest warte podkreślenia, obliczenia dokonywane były oddzielnie dla każdej liczby minucji w zakresie od 5 do 15³⁹.

Po dokonaniu obliczeń danych uzyskanych z pomiarów i „wag” dla każdej minucji, aplikacja FRStat łączy je i przekształca w jedną statystykę, repre-

³⁸ *Ibidem.*

³⁹ *Ibidem.*

zentuującą globalne podobieństwo całej konfiguracji cech. Wynikiem przeprowadzanej przez FRStat analizy jest globalna statystyka podobieństwa – GSS (ang. *global similarity statistic*). Z kolei wartość globalnej statystyki podobieństwa GSS_n (gdzie n oznacza liczbę minucji), z określonego porównania jest określana jako statystyka testowa – $GSS(t)_n$. FRStat oblicza globalną statystykę testu podobieństwa – $GSS(t)_n$, z dwóch obrazów odwzorowań linii papilarnych z wyznaczonymi konfiguracjami minucji. Statystyka testowa jest następnie oceniana pod względem rozkładu wartości GSS obserwowanych w przypadku zgodnych i niezgodnych odwzorowań linii papilarnych. W przypadku rozkładu zgodnych odwzorowań istotne jest prawdopodobieństwo występujące po lewej stronie rozkładu wartości współczynnika podobieństwa⁴⁰ – prawdopodobieństwo określonej wartości statystycznej podobieństwa lub niższe (ang. *left tailed probability*) – równanie 1. Prawdopodobieństwo z lewej strony rozkładu stanowi wskazanie proporcji podobieństwa wartości statystyk ze zgodnych źródeł odwzorowań linii papilarnych, które są szacowane jako mniejsze niż określona wartość statystyki testowej dla danego przypadku. W przypadku rozkładu niezgodnych odwzorowań istotne jest prawdopodobieństwo występujące po prawej stronie rozkładu wartości współczynnika podobieństwa – prawdopodobieństwo określonej wartości statystycznej podobieństwa lub wyższe (ang. *right tailed probability*) – równanie 2. Prawdopodobieństwo z prawej strony rozkładu stanowi wskazanie proporcji wartości statystyk podobieństwa z niezgodnych źródeł odwzorowań linii papilarnych, które są szacowane jako większe niż określona wartość statystyki testowej dla danego przypadku^{41,42}.

Równanie 1. Lewostronne prawdopodobieństwo zaobserwowania danej wartości $GSS(t)$ lub niższej w odniesieniu do rozkładu wartości GSS zgodnych odwzorowań (t – statystyka testu, n – liczba minucji, θ_n – parametry charakteryzujące rozkład wartości dla danej liczby minucji).

$$P(GSS_n \leq GSS(t)_n | \theta_{n_{zgodne}})$$

⁴⁰ Prawdopodobieństwo występujące po lewej lub prawej stronie rozkładu współczynnika podobieństwa oznacza, że wartości te znajdują się po lewej lub prawej części dystrybucji określonej w zastosowanych modelach: teoretycznym i empirycznym, obejmujących analizowane zgodne i niezgodne odwzorowania linii papilarnych dla określonej liczby minucji.

⁴¹ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

⁴² User Manual FRStat Friction Ridge Interpretation Software v2.1.

Równanie 2. Prawostronne prawdopodobieństwo zaobserwowania danej wartości $GSS(t)$ lub wyższej w odniesieniu do rozkładu wartości GSS niezgodnych odwzorowań (t – statystyka testu, n – liczba minucji, θ_n – parametry charakteryzujące rozkład wartości dla danej liczby minucji).

$$P(GSS_n \geq GSS(t)_n | \theta_{n\text{niezgodne}})$$

Po zestawieniu wyprowadzonych z powyższych równań wartości otrzymuje się współczynnik określający stosunek danej wartości statystycznej podobieństwa lub niższej wśród zgodnych odwzorowań do danej wartości statystycznej podobieństwa lub wyższej dla niezgodnych odwzorowań.

Równanie 3. Stosunek równań 1 i 2 wskazujących na względne wsparcie testowej globalnej statystyki podobieństwa $GSS(t)_n$ w zakresie twierdzenia – zgodne odwzorowania, do twierdzenia – niezgodne odwzorowania.

$$\frac{P(GSS_n \leq GSS(t)_n | \theta_{n\text{zgodne}})}{P(GSS_n \geq GSS(t)_n | \theta_{n\text{niezgodne}})}$$

Interpretując tę zależność należy stwierdzić, że wartości większe od 1 wskazują na większe prawdopodobieństwo zaobserwowanej wartości statystyki podobieństwa pary zgodnych odwzorowań linii papilarnych, w porównaniu z niezgodnymi odwzorowaniami. Wartości mniejsze od 1 wskazują na większe prawdopodobieństwo zaobserwowania wartości statystyki podobieństwa pary niezgodnych odwzorowań linii papilarnych, w porównaniu ze zgodnymi odwzorowaniami. Wartości równe 1 wskazują na równe prawdopodobieństwo zaobserwowanej wartości statystycznej podobieństwa między zgodnymi i niezgodnymi odwzorowaniami^{43,44}.

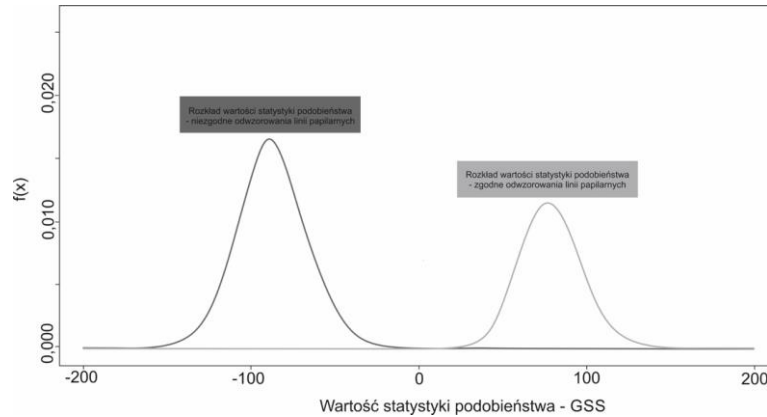
Jednakże, co należy koniecznie podkreślić, wynik równania 3 nie może być interpretowany jako prawdziwy współczynnik wiarygodności LR (*likelihood ratio*) lub czynnik Bayesa, które oceniają wiarygodność dwóch przeciwstawnych hipotez i nie powinien być używany do obliczania prawdopodobieństwa na podstawie otrzymanych danych jako *a posteriori*⁴⁵.

⁴³ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

⁴⁴ User Manual FRStat Friction Ridge Interpretation Software v2.1.

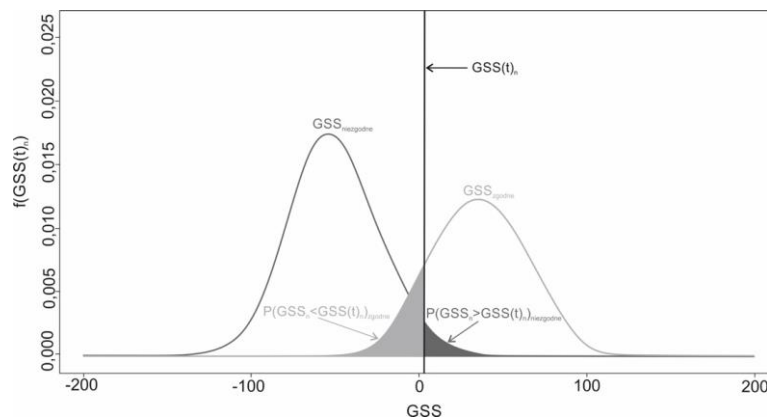
⁴⁵ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

Rycina 3. Graficzne przedstawienie rozkładu obliczanych wartości statystyk podobieństwa GSS dla niezgodnych oraz zgodnych odwzorowań linii papilarnych przy określonej liczbie minutacji.



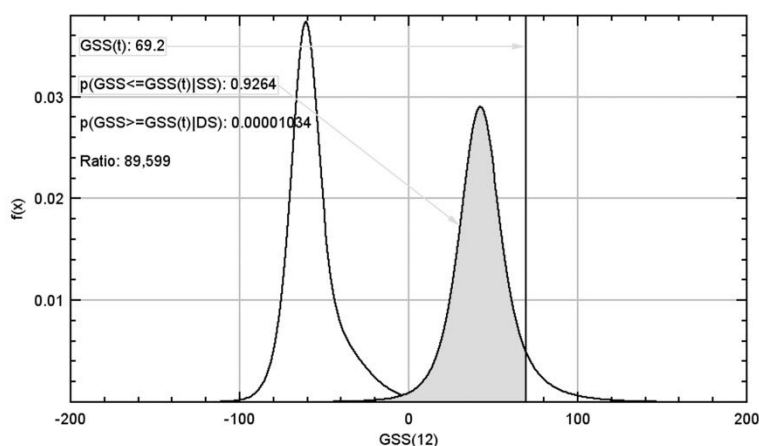
Źródło – opracowanie własne na podstawie T. Koertner, *FRStat: where do we go from here?*, referat wygłoszony w ramach *The International Association for Identification Educational Conference, Omaha, USA, 3 sierpnia 2022 r.*

Rycina 4. Graficzne przedstawienie wyników obliczeń FRStat ze wskazaniem obszarów reprezentujących dwa prawdopodobieństwa rozważane przez algorytm oprogramowania (lewostronne dotyczące zgodnych odwzorowań linii papilarnych wynikające z równania 1 i prawostronne dotyczące niezgodnych odwzorowań linii papilarnych wynikające z równania 2). Pionowa linia reprezentuje obliczoną wartość testowej statystyki podobieństwa dwóch odwzorowań linii papilarnych – $GSS(t)_n$ dla n minutacji.



Źródło – opracowanie własne na podstawie C. Neuman, *Defence against the modern arts: the Curse of statistics: Part I – FRStat, Law, Probability and Risk 2020, nr 19, s. 1–20.*

Rycina 5. Wyidealizowany wynik metody FRStat dla porównywanych dwóch zgodnych odwzorowań linii papilarnych ze wskazaniem obliczonej wartości $GSS(t)$ (pionowa linia na wykresie) oraz obszaru w kolorze szarym wykresu reprezentującego odsetek wartości statystycznych podobieństwa zgodnych odwzorowań linii papilarnych, które są szacowane jako niższe niż wartość $GSS(t)$ (wartość wynikająca z równania 1). Obszar reprezentujący odsetek wartości statystyki podobieństwa niezgodnych odwzorowań linii papilarnych, które są szacowane jako wyższe niż wartość $GSS(t)$ (wartość wynikająca z równania 2) jest na tyle mały, że jest niewidoczna na przedstawionym wykresie (w powiększeniu powinien być widoczny obszar lewego piku znajdującego się po prawej stronie pionowej linii). Wartość wskaźnika obliczonego równaniem 3 wskazuje stosunek dwóch oszacowanych prawdopodobieństw – na rycinie wartość „Ratio”.



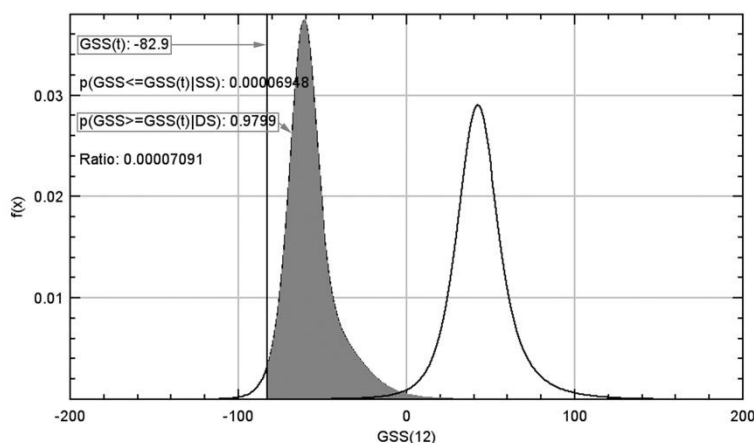
Źródło – opracowanie własne.

Wskazywane są ograniczenia stworzonej metody oceny zgodności odwzorowań linii papilarnych – FRStat, a mianowicie:

- uzależnienie obliczanych wartości statystyk podobieństwa od subiektywnej interpretacji i wyznaczania minucji przez użytkownika,
- uwzględnianie wyłącznie danych wprowadzanych przez użytkownika i brak możliwości oceny dokładności wyznaczania minucji,
- wymóg wyznaczenia określonej liczby minucji w zakresie od 5 do 15, przy czym górna granica, z uwagi na działanie algorytmu parowania, została określona przez twórców oprogramowania (w przypadku liczby minucji większej niż 15 wymagana jest odpowiednia ilość obliczeń przekraczająca możliwości bieżącej implementacji oprogramowania),
- zastosowany algorytm uwzględnia zniekształcenia odwzorowań linii papilarnych powstałe na płaskich powierzchniach przy bocznym działaniu siły

- nacisku, aczkolwiek może nie uwzględniać wszystkich możliwych rodzajów zniekształceń, w tym wynikających z podłoża bądź powstałych w trakcie rejestracji obrazu,
- metoda nie jest przeznaczona do oceny wszystkich cech charakteryzujących odwzorowania linii papilarnych takich jak m.in. rodzaj wzoru, typ minucji, liczba minucji, które są analizowane przez ekspertów daktyloskopii^{46,47}.

Rycina 6. Przykładowy wynik metody FRStat dla porównywanych dwóch niezgodnych odwzorowań linii papilarnych ze wskazaniem obliczonej wartości $GSS(t)$ (pionowa linia na wykresie) oraz obszaru wykresu w kolorze szarym reprezentującego odsetek wartości statystycznych podobieństwa niezgodnych odwzorowań linii papilarnych, które są szacowane jako wyższe niż wartość $GSS(t)$ (wartość wynikająca z równania 2). Obszar reprezentujący odsetek wartości statystyki podobieństwa zgodnych odwzorowań linii papilarnych, które są szacowane się jako niższe niż wartość $GSS(t)$ (wartość wynikająca z równania 1) jest na tyle małe, że jest niewidoczna na przedstawionym wykresie (w powiększeniu powinien być widoczny obszar prawego piku znajdujący się po lewej stronie pionowej linii). Wartość wskaźnika obliczonego równaniem 3 wskazuje stosunek dwóch oszacowanych prawdopodobieństw – na rycinie wartość „Ratio”.



Źródło – opracowanie własne.

Zdaniem twórców oprogramowania FRStat, ze względu na ograniczenia metody i obowiązujące w laboratoriach procedury badawcze, stworzona me-

⁴⁶ *Ibidem*.

⁴⁷ User Manual FRStat Friction Ridge Interpretation Software v2.1.

todoa oceny zgodności odwzorowań linii papilarnych może być stosowana wyłącznie po przeprowadzeniu przez eksperta analizy porównywanych odwzorowań linii papilarnych, detekcji i wyznaczeniu minucji, które jego zdaniem są zgodne. W przypadku wykluczenia zgodności, metoda nie powinna być stosowana. Działania wdrożeniowe powinny także uwzględniać procedury zapobiegające ewentualnym występowaniu błędów poznawczych podczas analizy odwzorowań linii papilarnych i detekcji minucji, zgodnie z przyjętym w laboratorium systemem zarządzania jakością. FRStat nie powinno być wykorzystywane także do analizy obrazów odwzorowań linii papilarnych o rozdzielczości mniejszej niż 500 ppi, z uwagi na możliwość niedokładnego obliczania odległości pomiędzy minucjami⁴⁸.

Na podstawie otrzymywanych wyników analizy dwóch zgodnych odwzorowań linii papilarnych metodą FRStat *Defence Forensic Science Center* (DFSC) początkowo formułowało wniosek o zgodności dodając zastrzeżenie, że prawdopodobieństwo zaobserwowania takiej zgodności jest odpowiednio X razy większe, gdy odwzorowania pochodzą od tego samego źródła niż od różnych źródeł, gdzie X wskazywało obliczony współczynnik – $GSS(t)_n$ (wartość otrzymana w równaniu 3)⁴⁹. Takie formułowanie wniosków wspartych obliczeniami FRStat zostało skrytykowane przez C. Neumann'a, który zaproponował dodanie innego zastrzeżenia, a mianowicie, że przy obserwowanym poziomie zgodności, ryzyko błędnego wykluczenia zgodności, jest X razy większe/mniejsze niż ryzyko błędnej identyfikacji⁵⁰. Kolejna przedstawiona przez *Defence Forensic Science Center* (DFSC) interpretacja zakłada wykorzystanie obliczanych wartości równaniem 1 i 2 przedstawionych w formie procentowej, dodając zastrzeżenie wsparcia zgodności, że zaobserwowana zgodność jest większa niż X (wartość otrzymana w równaniu 1) – procent odwzorowań pochodzących od tego samego źródła i mniejsza niż Y (wartość otrzymana w równaniu 2) – procent odwzorowań pochodzących od różnych źródeł. Dodatkowo wniosek opatrzony jest uwagą techniczną mówiącą, że wartości dotyczące zgodnych i niezgodnych odwzorowań są szacowanymi procentami populacji dwóch zbiorów danych: odpowiednio pochodzących od tego samego źródła oraz pochodzących od różnych źródeł⁵¹.

⁴⁸ H. J. Swofford, A. J. Koertner, F. Zemp, M. Ausdemore, A. Liu, M. J. Salyards, *op. cit.*

⁴⁹ T. Koertner, FRStat: where do we go from here?, referat wygłoszony w ramach The International Association for Identification Educational Conference, Omaha, USA, 3 sierpnia 2022 r.

⁵⁰ C. Neuman, Defence against the modern arts: the Curse of statistics: Part I – FRStat, *Law, Probability and Risk* 2020, nr 19, s. 1–20.

⁵¹ T. Koertner, *op. cit.*

3. Podsumowanie

W ostatnich latach można zaobserwować pojawiające się głosy kwestionujące wiarygodność wyników kryminalistycznych badań identyfikacyjnych, opierających się na subiektywnej ocenie ekspertów, co dotyczy m.in. badań daktyloskopijnych. Obiektywizacja badań identyfikacyjnych, zdaniem niektórych środowisk powinna obejmować wdrażanie wystandaryzowanych i uszczegółowionych procedur w takim stopniu, żeby mogły być wykonywane automatycznie przez algorytmy lub ewentualnie przez człowieka, jednakże bez dokonywania oceny lub jedynie w niewielkim zakresie. Takie działanie ma zapewnić oczekiwaną obiektywizację procesu identyfikacji. Należy się zatem liczyć, że w przyszłości będą pojawiały się coraz doskonalsze narzędzia wykorzystujące algorytmy umożliwiające coraz bardziej dokładną identyfikację człowieka, charakteryzujące się przy tym dużym obiektywizmem uzyskiwanych wyników.

Jak wiadomo, cechy charakterystyczne śladów linii papilarnych określane jako minucje, mogą być interpretowane przez różnych ekspertów w odmienny sposób. Wynika to z faktu, że w większości analizowane ślady linii papilarnych zawierają w swoim obrazie różne zniekształcenia i szумы wywodzące się z charakterystyki podłoża, metody ujawniania czy elastyczności skóry człowieka i dynamiki powstawania. W efekcie odmiennosc interpretacji tych zjawisk może doprowadzać do sytuacji dochodzenia do odmiennych wniosków przez różnych ekspertów analizujących te same odwzorowania linii papilarnych w zakresie typu minucji lub dopuszczalnego odchylenia co do miejsca występowania. Funkcjonujące w laboratoriach kryminalistycznych procedury badawcze, w tym akredytowane, mają za zadanie uporządkowanie podejmowanych przez ekspertów działań tak, aby ograniczały takie sytuacje bądź je eliminowały, o ile jest to możliwe. Przedstawione w artykule oprogramowanie FRStat jest jednym z pierwszych narzędzi dostępnych szerokiemu gronu ekspertów, m.in. w Polsce, pozwalających oszacować poziom zgodności dwóch odwzorowań linii papilarnych. Narzędzie to ma na celu wsparcie wniosków eksperta, do których dochodzi w trakcie badań identyfikacyjnych dwóch zgodnych odwzorowań linii papilarnych tj. konkluzji, że dwa odwzorowania linii papilarnych powstały w wyniku kontaktu z podłożem tego samego fragmentu skóry jednego człowieka.

Autor dziękuje ekspertowi z zakresu badań pisma dr Magdalenie Białas za cenne uwagi przy opracowaniu publikacji.

Bibliografia

1. Best practice recommendation for verification in friction ridge examination, Friction Ridge Subcommittee, Physics/Pattern Scientific Area Committee,

- Organization of Scientific Area Committee (OSAC) for Forensic Science (www.nist.gov/osac/friction-ridge-subcommittee – dostęp 31 stycznia 2022 r.).
2. Champod Ch., Lennard Ch., Margot P., Stoilovic M., *Fingerprints and other ridge skin impressions*, CRC Press, Second Edition, Boca Raton 2016.
 3. DAB–10 Akredytacja Laboratoriów Badawczych – dostawców usług kryminalistycznych wykonujących czynności laboratoryjne, Polskie Centrum Akredytacji, wydanie 2 z dnia 15 grudnia 2020 r. s. 5–6.
 4. Decyzja Ramowa Rady 2009/905/WSiSW z dnia 31 listopada 2009 r. w sprawie akredytacji dostawców usług kryminalistycznych wykonujących czynności laboratoryjne, Dz.U. UE L 322 z dnia 9 grudnia 2009 r.
 5. Fagert M., Morris K., Quantifying the limits of fingerprints variability, *Forensic Science International* 2015, nr 254, s. 87–99.
 6. Garrett B., Mitchell G., Scurich N., Comparing categorical and probabilistic fingerprint evidence, *Journal of Forensic Sciences* 2018, nr 63, 6, s. 1712–1717.
 7. Girdwoyń P., Nowe metody identyfikacji w praktyce sądowej, *Jurisprudencja* 2005, nr 66 (58), s. 90–98.
 8. Grzeszyk Cz., *Daktyloskopia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1992.
 9. Koernter T., FRStat: where do we go from here?, referat wygłoszony w ramach The International Association for Identification Educational Conference, Omaha, USA, 3 sierpnia 2022 r.
 10. Locard E., *Dochodzenie przestępstw według metod naukowych*. Tłumaczenie: R. Merson, E. Wiśniewski, Księgarnia Powszechna, Łódź 1937.
 11. Moszczyński J., *Daktyloskopia. Zarys teorii i praktyki*, Wydawnictwo CLK KGP, Warszawa 1997.
 12. Moszczyński J., *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i Zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka*, Wydawnictwo UWM, 2011.
 13. Nawrocka M., Kiejnich K., Błędy poznawcze w ekspertyzie daktyloskopijnej, *Problems of Forensic Sciences* 2018, nr 111, s. 45–59.
 14. Neuman C., Defence against the modern arts: the Curse of statistics: Part I – FRStat, *Law, Probability and Risk* 2020, nr 19, s. 1–20.
 15. Report To The President, *Forensic Science in Criminal Courts: Ensuring Scientific Validity of Feature–Comparison Methods*, Executive Office of the President President’s Council of Advisors on Science and Technology, 2016, s. 5 (www.obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/pcast_forensic_science_report_final.pdf – dostęp 10 października 2022 r.).
 16. Swofford H. J., Champod C., Implementation of algorithms in pattern & impression evidence: a responsible and practical roadmap, *Forensic Science International: Synergy*, 3, 2021, doi.org/10.1016.j.fsisyn.2021. 100142.

17. Swofford H. J., Koertner A. J., Zemp F., Ausdemore M., Liu A., Salyards M. J., A method for the statistical interpretation of friction ridge skin impression evidence: method development and validation, *Forensic Science International* 2018, nr 287, s. 113–126.
18. Swofford H., FRStat Software (2.1), Zenodo, 2021 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.442684> dostęp 06 kwietnia 2022 r.).
19. Tomaszycycki K., Ślad, odfitka, odwzorowanie – terminy opisujące materiał dowodowy i porównawczy w daktyloskopijnych badaniach identyfikacyjnych, *Problemy Kryminalistyki* 2006, nr 253, s. 69–71.
20. User Manual FRStat Friction Ridge Interpretation Software v2.1.
21. Vanderkolk J. R., Examination process, (w:) A. McRoberts, (red.), *The Fingerprint Sourcebook*. National Institute of Justice (www.ojp.gov/pdffiles1/nij/225320.pdf – dostęp 31 stycznia 2022 r.).
22. Wertheim K., Embryology and morphology of friction ridge skin, (w:) A. McRoberts (red.), *The Fingerprint Sourcebook*. National Institute of Justice (www.ojp.gov/pdffiles1/nij/225320.pdf – dostęp 31 stycznia 2022 r.).

FRStat: a tool to support interpretation of friction ridge impressions for correspondences

Abstract

This paper deals with fingerprint identification. The first section of the text gives an overview of elements underlying the human identification method that is based on an analysis of arrangement of friction ridge details. It briefly describes how fingerprint expert examiners draw their conclusions as to correspondences between friction ridge impressions, including the Analysis, Comparison, Evaluation and Verification (ACE–V) methodology used to conduct feature comparisons. The second section of the text refers to doubts and reservations regarding forensic identification examinations that have a high degree of subjectivity involved in drawing conclusions, and indicates paths to be followed by forensic identification specialists to increase objectivity of results, these paths including but not limited to the use of autonomous algorithms. Among outcomes of the objectivity-fostering efforts, there is the development of the FRStat software to assist fingerprint experts. The FRStat software is a tool that measures the similarity between configurations of two friction ridge impression features, and thus provides experts with objectified data to support their conclusions reached through the correspondence–

seeking comparisons. Input data for the FRStat application include identifiable spatial relationships of, and angles formed by, minutiae configurations for friction ridges impressions that are compared. Results are then evaluated against datasets of statistical values derived from pairs of friction ridge impressions relevant for fingerprint experts' casework, made by mated (same) and non-mated (different) sources.

Key words

Dactyloscopy, identification, fingerprint traces, value for identification purposes, FRStat.