

Stanisław Cichocki

adiunkt na Wydziale Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego
scichocki@wne.uw.edu.pl

Wykorzystanie metod statystycznych w kryminalistyce

Streszczenie

Artykuł podejmuje problematykę wykorzystania metod statystycznych w kryminalistyce. W tym celu przedstawiono rys historyczny opisujący rozwój wykorzystania tych metod. Omówiono również istotę tych metod, wskazując na ich główne zalety i wady. Do tych pierwszych zaliczyć można skwantyfikowanie niepewności związanej z danym dowodem, możliwość oceny prawdopodobieństwa zajścia którejś z wersji wydarzeń czy możliwość testowania różnego rodzaju hipotez. Do wad towarzyszących wykorzystaniu metod statystycznych w kryminalistyce zaliczyć można konieczność posiadania odpowiedniej wiedzy z zakresu matematyki, rachunku prawdopodobieństwa czy statystyki, brak której utrudni bądź uniemożliwi zastosowanie właściwych narzędzi matematycznych, zwłaszcza przez osoby, które dokonują oceny dowodów, oraz problemy z przekazaniem i interpretacją uzyskanych wyników przez biegłych wykorzystujących metody statystyczne w kryminalistyce, tak aby były one zrozumiałe dla laików. Brak odpowiedniego zrozumienia może prowadzić do wystąpienia mających poważne konsekwencje błędów. Dodatkowo przedstawiono kilka przykładów zastosowania metod statystycznych w kryminalistyce takich jak analiza linii papilarnych, analiza fragmentów szkła i analiza profilu DNA.

Słowa kluczowe kryminalistyka, rachunek prawdopodobieństwa, statystyka, iloraz wiarygodności

Wstęp

W powszechnym mniemaniu może się wydawać, iż kryminalistyka i statystyka są dwoma odrębnymi naukami, między którymi nie zachodzą żadne interakcje. Co wspólnego miałyby mieć kryminalistyka zajmująca się wykrywaniem przestępstw i ściganiem sprawców oraz statystyka zajmująca się analizą danych?¹ Okazuje się jednak, iż współczesne wykorzystanie metod statystycznych i powiązanych z nimi metod matematycznych (dotyczących zwłaszcza rachunku prawdopodobieństwa) jest szerokie. Jako przykłady posłużyć mogą analiza profilu DNA czy też analiza cząsteczek szkła z wybitego okna i z odzieży osoby podejrzanej o wybicie tego okna².

Wykorzystanie metod statystycznych w kryminalistyce jest nierozłącznie związane z elementem

niepewności występującym w postępowaniach karnych, która to niepewność pojawia się na skutek podejmowania decyzji na podstawie dowodów. Wynika ona z konieczności stosowania rozumowania indukcyjnego (od następstw – dowodów – do przyczyn). Wobec powyższego można postawić hipotezę, iż użycie metod statystycznych pozwala na skwantyfikowanie tej niepewności. Dodatkowo wydaje się, iż metody statystyczne pozwalają na przetestowanie różnego rodzaju hipotez oraz przedstawienie w ilościowy sposób wartości danego dowodu. Również rosnąca moc obliczeniowa komputerów, zwiększenie dostępności tych ostatnich oraz rozwój specjalistycznego oprogramowania mogą sprzyjać wykorzystaniu metod statystycznych w wielu aspektach kryminalistyki.

Hipoteza ta musi jednak uwzględniać również wady związane z tymi metodami. Brak stosownej wiedzy i zrozumienia z zakresu matematyki, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki utrudni bądź uniemożliwi zastosowanie właściwych narzędzi matematycznych, zwłaszcza przez osoby, które dokonują oceny dowodów (sędziowie). Problemem wydaje się również przekazanie i interpretacja uzyskanych wyników przez biegłych wykorzystujących metody statystyczne

1 E. Gruza, M. Goc, J. Moszczyński, *Kryminalistyka – czyli rzecz o metodach śledczych*, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2008.

2 M. Sjerps, *The role of statistics in forensic science casework and research*, „Problems of Forensic Science”, 2006, Vol. LXV, s. 82–90.

w kryminalistyce, tak aby były one zrozumiałe dla laików. Brak odpowiedniego zrozumienia może nie tylko prowadzić do zniechęcenia do powyższych metod, ale także do popełnienia mających poważne konsekwencje błędów, np. w wyrokowaniu, które podważają „wiarę” w metody statystyczne. Wobec tego wydaje się celowe przedstawienie w sposób nieskomplikowany przypadków, w których te metody wykorzystywane są w kryminalistyce.

Konstrukcja niniejszego artykułu jest następująca: w pierwszej części przedstawiono krótko historię wykorzystania statystyki w prawie (w tym zwłaszcza w kryminalistyce). W drugiej części omówiono istotę metod statystycznych – ich wady i zalety. Trzecia część poświęcona jest przedstawieniu kilku przykładów wykorzystania metod statystycznych w kryminalistyce. Artykuł kończy podsumowanie.

Rys historyczny

Wydaje się, iż pierwsze elementy związane z metodami matematycznymi, a konkretnie z rachunkiem prawdopodobieństwa w prawie można odnaleźć już w czasach starożytnych, a dokładniej w Talmudzie³. Metody te wykorzystane w prosty sposób pojawiają się również w dziełach starożytnych myślicieli rzymskich, takich jak Cyzero czy Kwintylijan⁴.

Przyjmuje się jednak, iż istotne znaczenie dla ugruntowania rachunku prawdopodobieństwa w prawie miała praca J. Bernoulliego „Ars Conjectandi” z początku XVIII w.⁵ Elementem odróżniającym tę publikację od wcześniejszych prac była próba ilościowego ujęcia dowodów i kwantyfikacja ich wzajemnego „wzmacniania się”. O ile wcześniej zauważano, iż dowody mogą się „wzmacniać”, o tyle dopiero Bernoulli, w oparciu o rachunek szans, zaproponował przypisanie wag poszczególnym dowodom, tak aby można było określić, jaka jest ich „siła”⁶. Jako przykład Bernoulli podaje następującą sytuację: w grupie agresywnych mężczyzn jeden zostaje śmiertelnie ugodzony mieczem. Według wiarygodnych świadków, którzy obserwowali zdarzenie z daleka, sprawca nosił czarną tunikę i miał rude włosy. Stwierdzono, iż w powyższej grupie Gracchus i trzech innych mężczyzn ma na sobie czarne tuniki

oraz że Gracchus i dwóch innych mężczyzn ma rude włosy (jednak żaden z tych mężczyzn nie nosi czarnej tuniki). Wobec tego prawdopodobieństwo winy do prawdopodobieństwa niewinności Gracchusa wynosi $1 : 3$ mnożone przez $1 : 2$, czyli $1 : 6$. Jednocześnie jednak Bernoulli zaznacza, iż w powyższym przypadku trudno mówić o dwóch odrębnych dowodach, lecz raczej o jednym dowodzie, na który składają się dwa fakty: jeden dotyczący koloru odzieży, a drugi dotyczący koloru włosów. Połączenie tych dwóch faktów w osobie Gracchusa prowadzi do stwierdzenia, iż nikt inny poza nim nie mógł dokonać zabójstwa.

Kolejne zastosowania rachunku prawdopodobieństwa/statystyki w prawie, w szczególności zaś w kryminalistyce, pojawiają się w XIX w. J. Bentham, pisząc o „sile” danego dowodu (*probative force of evidence*), dokonuje jej podziału na stopnie i wskazuje na metody mierzenia, jak również wykorzystania⁷. Przykładowo, jeśli świadkowie w liczbie N wskazują na jeden określony przebieg zdarzenia, to „siły” tych dowodów sumują się. Gdyby część świadków wskazywała na inny przebieg zdarzenia, to „siła” dowodów równałaby się sumie „sił” relacji świadków wskazujących na określony przebieg zdarzenia pomniejszonej o sumę „sił” relacji świadków opowiadających się za innym przebiegiem zdarzenia. Jednocześnie Bentham wskazuje na subiektywne czynniki oddziałujące na „siłę” relacji świadków w kierunku jej zmniejszenia, takie jak inteligencja, postawa moralna świadka oraz sposób, w jaki składa swoją relację.

Innym przykładem zastosowania rachunku prawdopodobieństwa/statystyki w kryminalistyce w XIX w. są badania S. Poissona⁸. Zagadnienia, którymi się zajmował, dotyczyły wyrokowania podczas rozprawy sądowej przed sądem z udziałem ławy przysięgłych. Przy użyciu prostych narzędzi statystycznych Poisson próbował analizować decyzje ławy przysięgłych oraz liczbę skazanych implikowaną przez te narzędzia i porównywać ją z rzeczywistą liczbą skazanych.

Innym znanym z XIX w. przykładem zastosowania rachunku prawdopodobieństwa/statystyki w kryminalistyce jest sprawa testamentu Sylvii Howland⁹. W testamencie S. Howland zapisała swój majątek różnym osobom i instytucjom. Jednocześnie jej siostrzenica, Hetty Robinson, zgłosiła roszczenie do powyższego majątku, przedstawiając inny testament S. Howland o wcześniejszej dacie sporządzenia. Testament ten czynił ją jedyną spadkobierczynią majątku. Ponieważ wykonawca woli Howland nie chciał uznać ważności testamentu przedstawionego przez Robinson,

3 C. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the Evaluation of Evidence for Forensic Scientists*, Wiley, 2004, Chichester. Anonim, *Der Babylonische Talmud mit Einschluss der vollstaendigen Missah*, Leipzig 1901, Harrasowitz.

4 D. Garber, S. Zabell, *On the Emergence of Probability*, „Archive for History of Exact Sciences” 1979, Vol. 21, s. 33–53.

5 B. Sung, *Translations from James Bernoulli*, 1966, http://www.matematica.ciencs.ucv.ve/modelos/Descargas/ars_sung.pdf, data sprawdzenia: 23.08.2014.

6 D. Gaber, S. Zabell, *On the Emergence...*, op.cit., s. 33–53.

7 J. Bentham, *Rationale of Judicial Evidence*, Hunt and Clarke, London 1817.

8 S.D. Poisson, *Recherches sur la probabilité de jugements en matiere criminelle et en matiere civile*, Bachelier, Paris 1837.

9 S.A. Howland, *The Howland Will Case*, American Law Register (1852–1891), 1890, Vol. 38, No. 9, s. 562–581.

zarzucając, iż znajdujące się na tym testamencie podpisy Howland są kopiami podpisów, Robinson wniosła sprawę do sądu¹⁰. Powołany przez wykonawcę testamentu biegły B. Pierce dokonał analizy podpisów spadkodawczyni z obydwu testamentów i podpisów Howland pochodzących z innych źródeł. Skupiając się na pewnych charakterystycznych elementach w podpisach i przyjmując, iż elementy te są od siebie niezależne, Pierce stwierdził w przypadku oryginalnych podpisów Howland pochodzących z innych źródeł występowanie podobieństwa pomiędzy tymi elementami w jednym na pięć przypadków. Oznaczało to prawdopodobieństwo występowania podobieństwa pomiędzy tymi elementami równe 1 : 5. Po porównaniu podpisów z pierwotnego testamentu Howland z podpisami występującymi w kwestionowanym testamencie przedstawionym przez Robinson, Pierce stwierdził 30 podobieństw w podpisach. Stosując rachunek prawdopodobieństwa, Pierce obliczył prawdopodobieństwo wystąpienia 30 podobieństw na

$$\left(\frac{1}{5}\right)^{30} = \frac{1}{931 \times 10^{18}}$$

czyli wartość tak małą, iż jak sam zaznaczył „przekracza ona ludzkie doświadczenie. Tak małe prawdopodobieństwo równe jest praktycznie niemożliwości”¹¹. Tak małe prawdopodobieństwo wystąpienia 30 podobieństw w podpisach Howland na testamentach oznaczało, zdaniem Pierce’a, iż podpisy w testamencie przedstawionym przez Robinson musiały zostać podrobione.

Jako kolejny dziewiętnastowieczny przykład użycia metod statystycznych w kryminalistyce można podać sprawę Dreyfusa, w której część postępowania dowodowego skupiała się na dokumencie o nazwie *bordereau*. Dreyfus twierdził, iż jest autorem powyższego dokumentu, który według jego przeciwników zawierał zakodowane wiadomości dla niemieckiego attaché wojskowego. Badając dokument, A. Bertillon zauważył identyczną pozycję w przypadku czterech par (na 26 par) wielosylabowych słów w stosunku do naniesionej przez niego na dokument siatki¹². Przyjmując prawdopodobieństwo wyżej wymienionego identycznego położenia na 0,2, prawdopodobieństwo zauważenia N identycznych pozycji wynosi $0,2^N$. W przypadku badanego dokumentu N równało się 4 i wobec tego prawdopodobieństwo występowania 4 identycznych pozycji równało się

$$0,2^4 = \frac{1}{625}$$

10 P. Meier, S. Zabell, *Benjamin Pierce and the Howland Will*, „Journal of the American Statistical Association” 1980, Vol. 75, No. 371, s. 497–506.

11 E. Mode, *Probability and Criminalistics*, „Journal of the American Statistical Association” 1963, Vol. 58, No. 303, s. 628–640.

12 C. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the...*, op.cit., s. 123.

Bertillon uznał tę wartość za bardzo małą i graniczącą z niemożliwością. Wobec tego uważał, iż badany przez niego dokument nie mógł zostać napisany przez Dreyfusa.

Znanym przykładem zastosowania rachunku prawdopodobieństwa w kryminalistyce w XX w. jest sprawa *People v. Collins*¹³. Z ustalonego stanu faktycznego wynikało, co następuje: w czerwcu 1964 r. J. Brooks została pchnięta na ziemię na ulicy w Los Angeles (USA), a następnie skradziono jej portfel. Brooks twierdziła, iż nie widziała osoby, która ją popchnęła, zauważyła natomiast osobę, która ukradła jej portfel – była to kobieta nosząca ciemne ubranie i mająca włosy w kolorze blond. Jednocześnie świadek zdarzenia zauważył uciekającą z miejsca zdarzenia kobietę w ciemnym ubraniu, z włosami w kolorze blond spiętymi w „kucyk”, która następnie wsiadła do samochodu koloru żółtego prowadzonego przez Afroamerykanina z wąsami i brodą¹⁴. Przeciwko zatrzymanym kobiecie i mężczyźnie odpowiadającym wyżej wymienionemu rysopisowi wszczęto postępowanie karne. Podczas rozprawy sądowej prokurator, korzystając z wiedzy powołanego w charakterze biegłego nauczyciela matematyki, przedstawił rozumowanie dotyczące identyfikacji zatrzymanej kobiety i mężczyzny jako sprawców kradzieży na szkodę J. Brooks, z którego wynikało, iż prawdopodobieństwo posiadania przez wybraną losowo z populacji parę wszystkich wyżej wymienionych cech kształtować się będzie na poziomie:

$$\frac{1}{12000000}$$

Na tej podstawie prokurator stwierdził, iż prawdopodobieństwo popełnienia przestępstwa przez inną parę o tych samych cechach jest bardzo małe, a co za tym idzie, prawdopodobieństwo niewinności zatrzymanej pary jest również bardzo małe.

Mniej więcej w tym samym czasie P. Kirk dokonał oceny kryminalistyki jako nauki¹⁵. Zauważył on postęp w kryminalistyce dotyczący takich dziedzin, jak identyfikacja na podstawie odbitek linii papilarnych, badania dokumentów czy broni palnej. Jednocześnie jednak postęp ten według Kirka miał raczej wymiar praktyczny, techniczny i przejściowy, a nie fundamentalny, teoretyczny i trwały. Zdaniem Kirka nauka składa się z uporządkowanej i spójnej wiedzy opartej na podstawowych zasadach, które można jasno określić¹⁶. Wiedza ta pozwala na interpretację i prognozowanie, a dana nauka charakteryzuje się badaniami mającymi

13 *People v. Collins*, 68 Cal.2d 319, <http://sccocal.stanford.edu/opinion/people-v-collins-22583>, data sprawdzenia: 23.08.2014.

14 C. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the...*, op.cit., s. 126.

15 P.I. Kirk, *The Otogeny of Criminalistics*, „Journal of Criminal Law, Criminology, and Police Science” 1963, Vol. 54, No. 22, s. 235–238.

16 *Ibidem*, s. 257.

na celu ciągły postęp techniczny i teoretyczny. Stosując powyższe kryteria, Kirk stwierdził, iż kryminalistyka może być postrzegana jako nauka, jednak wymaga dalszego rozwoju, aby to postrzeganie stało się powszechne. Jednocześnie badania powinny skupić się przede wszystkim na dokonywaniu interpretacji, a nie tylko na postępie technicznym. Kirk zauważał nieadekwatne do potrzeb, ograniczone i niesatysfakcjonujące użycie rachunku prawdopodobieństwa i statystyki do interpretacji dowodów¹⁷. Jego zdaniem opinie biegłych są tylko opiniami i, choć mogą one być poprawne i użyteczne, jest zbyt wiele miejsca na różnice w zeznaniach świadków. Według Kirka problem ten może zostać rozwiązany poprzez rozwój metod statystycznych użytych do interpretacji dowodów i oceny ich poprawności. W tym celu konieczna jest współpraca matematyków i kryminalistów. Wydaje się, iż artykuł Kirka był przełomowy, jeśli chodzi o użycie metod statystycznych w kryminalistyce. Zapoczątkował on stopniowy rozwój tych metod pod kątem ich wykorzystania w kryminalistyce – rozwój, który z czasem coraz bardziej „przyspieszał”.

Do istotnych dla tego rozwoju prac zaliczyć można artykuł E. Mode'a, który prawdopodobnie był pierwszą pracą skupioną na wy tłumaczeniu najprostszyc sposobów zastosowania probabilistyki w kryminalistyce ilustrującą je hipotetycznymi przykładami, takimi jak analiza śladów krwi w celu identyfikacji sprawcy oraz analiza rzeczywistych historycznych spraw, w tym sprawy testamentu S. Howland czy sprawy Dreyfusa¹⁸. Mode jako motto swojego artykułu przyjął dość znamienne stwierdzenie: „Beyond a »mathematical doubt« should be more convincing than »beyond a reasonable doubt«”¹⁹ wskazujące jego zdaniem na istotne znaczenie metod matematycznych w kryminalistyce.

Kilka lat później C. Kingston przeszedł już do bardziej specyficznych kwestii niż jedynie proste przedstawienie zastosowania probabilistyki w kryminalistyce²⁰. Stosując warsztat matematyczny, skonstruował dwa modele prawdopodobieństwa w celu oceny dowodów, które powstają w momencie, gdy ślady czy substancje z miejsca zdarzenia przenoszone są na sprawcę i vice versa (teoria wymiany; *partial transfer evidence*). Kingston pokazał, iż zastosowanie takich modeli pozwala na jasną i łatwą interpretację tych dowodów od strony prawdopodobieństwa. Jednocześnie autor ten wskazał na konieczność dalszego rozwoju metod probabilistycznych dla celów kryminalistyki i postulował powiązanie statystyki/probabilistyki z kryminalistyką.

17 Ibidem, s. 257.

18 E. Mode, *Probability and...*, op.cit., s. 628–640.

19 Ponad wszelką matematyczną wątpliwość powinno być bardziej przekonujące niż „ponad wszelką wątpliwość” (tłumaczenie autora).

20 C.R. Kingston, *Applications of Probability Theory in Criminalistics*, „Journal of the American Statistical Association” 1965, Vol. 60, No. 309, s. 70–80.

Zagadnienia te podejmował również w swoich kolejnych pracach, w których próbował popularyzować użycie metod statystycznych w kryminalistyce²¹.

Jako kolejną istotną pozycję w literaturze należy wskazać opis badania D. Lindleya dotyczącego oceny dowodów na hipotetycznym przykładzie analizy cząsteczek szkła z wybitego okna i z odzieży osoby podejrzanej o wybicie tego okna²². Lindley użył bardziej zaawansowanego warsztatu niż ten, który pojawiał się we wcześniejszych pracach. Był jednocześnie jednym z pierwszych badaczy, który wykorzystał twierdzenie Bayesa do stworzenia metody pozwalającej na ocenę dowodów łączącej dwa wymagania kryminalistów: porównywalności i istotności dowodów w jednej mierze statystycznej będącej łatwą do interpretacji.

Duże zasługi na polu rozwoju metod statystycznych dla celów kryminalistyki ma również I.W. Evett, który w serii artykułów dokonywał analizy i badań współczynnika załamania światła²³.

O ile od połowy lat 60. XX w. następował stopniowy rozwój interakcji pomiędzy metodami statystycznymi a kryminalistyką, o tyle od połowy lat 90. XX w. rozwój ten stawał się coraz szybszy²⁴. Na dowód tego Aitken i Taroni przytaczają wzrost objętości ich książki dotyczącej zastosowania statystyki w kryminalistyce z 250 stron w 1995 r. do 500 w 2004 r. na skutek wykorzystania nowego materiału do oceny. Innym argumentem może być powiększenie bibliografii do powyższej książki z 10 stron w pierwszym wydaniu w 1995 r. do 20 stron w drugim wydaniu w 2004 r. (przy takiej samej liczbie znaków na stronie).

21 C.R. Kingston, *Applications of Probability Theory in Criminalistics II*, „Journal of the American Statistical Association” 1965, Vol. 60, No. 312, s. 1028–1034; Kingston C.R., *Probability and Legal Proceedings*, „Journal of Criminal Law and Criminology” 1966, Vol. 57, Issue 1, s. 93–98.

22 D. Lindley, *A Problem in Forensic Science*, „Biometrika” 1977, Vol. 64, No. 2, s. 207–213.

23 I.W. Evett, *The interpretation of refractive index measurement*, „Forensic Science International” 1977, Vol. 9, s. 209–217; I.W. Evett, *The interpretation of refractive index measurements II*, „Forensic Science International” 1978, Vol. 12, s. 34–47; I.W. Evett, J.A. Lambert, *The interpretation of refractive index measurements III*, „Forensic Science International” 1982, Vol. 20, s. 237–245; I.W. Evett, J.A. Lambert, *The interpretation of refractive index measurements IV*, „Forensic Science International” 1984, Vol. 24, s. 149–163; I.W. Evett, J.A. Lambert, *The interpretation of refractive index measurements V*, „Forensic Science International” 1985, Vol. 27, s. 97–110; I.W. Evett, J.A. Lambert, *The interpretation of refractive index measurements VI; The computer program RUNG*, „Forensic Science International” 1985, Vol. 28, s. 251–268.

24 C. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the...*, op.cit., s. 28.

Istota metod statystycznych w kryminalistyce

Analizując podane historyczne przykłady, można postawić pytanie, dlaczego należy w ogóle używać metod statystycznych w kryminalistyce. Konieczne jest przy tym zaznaczenie, iż wykorzystanie to może przybrać zasadniczo dwie formy. Po pierwsze, może ono pojawiać się w związku z badaniami kryminalistycznymi, np. w daktyloskopii czy analizie profilu DNA. Po drugie, metody statystyczne mogą być wykorzystywane do oceniania „siły” dowodów. W dalszej części artykułu zostanie omówiona właśnie ta druga forma wykorzystania metod statystycznych.

D. Lucy twierdzi, iż wykorzystanie metod statystycznych w kryminalistyce jest naturalne z powodu występowania elementu niepewności w postępowaniach karnych, która pojawia się na skutek podejmowania w nich decyzji na podstawie dowodów²⁵. Pomijając przypadek, gdy wszystkie zebrane w postępowaniu karnym dowody ze 100% pewnością prowadzą do tych samych wniosków co do np. przebiegu zdarzenia, różne dowody będą prowadziły do różnych wniosków z różnym stopniem pewności i niepewności. Właśnie użycie metod statystycznych pozwala na skwantyfikowanie tej pewności i niepewności, co Lucy określa jako „ważenie” dowodów²⁶. Z kolei Aitken i Taroni twierdzą, że użycie tych metod pozwala na ocenę „siły” danego dowodu²⁷. Podstawowe pytanie dotyczy więc wielkości tej niepewności i ufności, jaką można wiązać z dowodami. Niepewność jest fundamentalnym elementem zarówno w rachunku prawdopodobieństwa, jak i w statystyce. W celu zrozumienia tego pojęcia można podać następujący przykład za Aitkenem i Taronim: rzucając 10 razy „sprawiedliwą” monetą (jest to taka moneta, dla której prawdopodobieństwo wyrzucenia reszki jest równe prawdopodobieństwu wyrzucenia orła i wynosi 0,5), możemy określić prawdopodobieństwo poszczególnych wyników, ale nie możemy określić ze 100% pewnością, jaki będzie każdy poszczególny wynik. Przyglądając się wynikom 10 rzutów, można spróbować określić, czy moneta jest „sprawiedliwa”, czy nie. W przypadku, gdyby wypadło 10 reszek, można by sądzić, iż moneta ma po każdej stronie reszkę, jednak nie jest to w 100% pewne. Wynika to z faktu, iż możliwe jest wyrzucenie 10 reszek w 10 rzutach „sprawiedliwą” monetą – prawdopodobieństwo takich rzutów jest bowiem niezerowe i równe

$$\frac{1}{2^{10}} = \frac{1}{1024}$$

Zastosowanie metod statystycznych w kryminalistyce pozwala również na ocenę prawdopodobieństwa

zajścia którejś z wersji wydarzeń, na testowanie różnego rodzaju hipotez, np. czy dana wersja wydarzenia jest prawdziwa, czy fałszywa, czy znalezione na odzieży podejrzanego cząsteczki szkła pochodzą z rozbitej szyby, czy strzał został oddany z danej broni. Dodatkowo gwałtowny rozwój techniczny związany z mocami obliczeniowymi komputerów, ich dostępnością oraz stosownym oprogramowaniem pozwala na zastosowanie metod statystycznych w różnych obszarach kryminalistyki.

Metody statystyczne mają oczywiście swoje wady, jednak nie ma innych metod pozwalających na kwantyfikację wartości dowodów. Bez użycia metod statystycznych nie jest możliwe dokonanie takiej kwantyfikacji, a co za tym idzie, ocena dowodów opiera się w takim przypadku, zdaniem Lucy, na intuicji i zgadywaniu²⁸.

Z drugiej jednak strony, jak twierdzi Evett, konieczne jest znalezienie „złotego środka” pomiędzy opinią biegłych a czystą statystyką²⁹. Jego zdaniem w niektórych obszarach kryminalistyki, np. w badaniach odbitek linii papilarnych czy analizie graficznej pisma, przewaga ludzkiego umysłu czy oka nad wyrafinowanymi metodami technicznym jest wciąż obecna i istotna. Przykładowo dobry ekspert jest w stanie wychwycić cechy charakterystyczne danej odbitki palca, które mogą być użyteczne w postępowaniu dowodowym. Zdaniem Evetta komputery w dalszym ciągu nie mają takich możliwości, a właściwym rozwiązaniem jest synergia pomiędzy opinią eksperta a metodami statystycznymi³⁰.

Warto również przedstawić kilka czynników, które utrudniają zastosowanie metod statystycznych w kryminalistyce. Po pierwsze, użycie powyższych metod wymaga odpowiedniej wiedzy z zakresu matematyki, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki. Brak tej wiedzy uniemożliwia nie tylko zastosowanie tych metod, lecz również właściwe zrozumienie uzyskanych za ich pomocą wyników i interpretacji. Z tych powodów istotne jest, aby biegli w dziedzinie kryminalistyki mieli odpowiednie kwalifikacje oraz wiedzę z zakresu tych metod. Jako anegdotę można przytoczyć przypadek Evetta, który po rozpoczęciu pracy w służbie kryminalistycznej brytyjskiego Ministerstwa Spraw Wewnętrznych jako biegły w zakresie pisma miał do czynienia z wieloma miami i danymi – ponieważ nie umiał ich wykorzystać ani zinterpretować, zorientował się, iż jedynie gruntowna wiedza statystyczna da mu taką możliwość, co skłoniło go do podjęcia studiów w powyższej dziedzinie³¹.

28 D. Lucy, *Introduction...*, op.cit., s. 128.

29 I.W. Evett, *Interpretation: a personal odyssey*, [w:] C. Aitken, D. Stoney, *The use of statistics in forensic science*, Ellis Horwood, New York 1991.

30 Ibidem, s. 21.

31 Ibidem, s. 9.

25 D. Lucy, *Introduction to Statistics for Forensic Scientists*, Wiley, Chichester 2005.

26 Ibidem, s. 1.

27 C. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the...*, op.cit., s. 2.

Po drugie, metody statystyczne są ze względu na swoje zaawansowanie i skomplikowanie trudne do zrozumienia dla osób niemających odpowiedniej wiedzy o nich, a takimi są przeważnie osoby dokonujące oceny dowodów (sędziowie). Wymaga to odpowiedniego przekazania przez biegłych uzyskanych wyników i ich interpretacji, tak aby były one łatwe do zrozumienia i przyswojenia przez laika. W przeciwnym wypadku możliwość zastosowania metod statystycznych przy ocenie dowodów jest bardzo ograniczona i może prowadzić do poważnych błędów. Dodatkowo przedstawianie użytych metod w niewłaściwy sposób może odwołać osoby dokonujące oceny dowodów od właściwego zadania, jakim jest odpowiednie ważenie dowodów i orzekanie o winie oskarżonego.

Z powyższych powodów podejmowane są różne próby prostej i zrozumiałej komunikacji pomiędzy biegłymi używającymi metod statystycznych a osobami, które nie dysponują odpowiednią wiedzą. Do takich prób zaliczyć można publikacje popularno-naukowe autorstwa biegłych dotyczące wykorzystania metod statystycznych w kryminalistyce skierowane do osób niemających odpowiedniej wiedzy w tej dziedzinie, a dokonujących oceny dowodów w postępowaniu karnym³².

Jak już wspomniano powyżej, brak odpowiedniej wiedzy z zakresu statystyki może prowadzić do poważnych błędów przy ocenie dowodów. Do najbardziej znanych należy tzw. błąd rozumowania prokuratora (*prosecutor's fallacy*) oraz błąd rozumowania obrońcy (*defender's fallacy*). Błąd rozumowania prokuratora (zwany też błędem odwrócenia uwarunkowania) dotyczy zamiany hipotezy i dowodu przy obliczaniu prawdopodobieństwa. Matematycznie oznacza to, iż wyrażenie, $PR(E | H)$ gdzie: E – dowód; H – hipoteza, które należy odczytywać jako prawdopodobieństwo dowodu pod warunkiem hipotezy, jest zamiennie stosowane z wyrażeniem $PR(H | E)$ znaczącym prawdopodobieństwo hipotezy pod warunkiem dowodu. Oczywiście jest, że powyższe dwa wyrażenia nie są sobie równoważne, jednak często są błędnie stosowane zamiennie. Jako przykład błędu rozumowania prokuratora można podać następującą sytuację: w mieście, w którym zamieszkuje 1 000 000 mieszkańców, jeden z nich dokonał przestępstwa. Zeznania naocznego świadka naprowadzają policję na 10 podejrzanych,

z których ostatecznie jeden zostaje oskarżony. Prokurator dokonuje następującego stwierdzenia: jeśli oskarżony jest niewinny, to prawdopodobieństwo, iż odpowiada osobie opisanej w zeznaniach naocznego świadka jest bardzo małe. Jest ono tak małe, że oskarżony musi być winny. W stwierdzeniu prokuratora E = oskarżony odpowiada osobie opisanej z zeznaniach naocznego świadka, H = oskarżony jest niewinny, a prawdopodobieństwo, że oskarżony jest niewinny, wynosi

$$PR(E | H) = \frac{9}{999999} = 0,000009$$

Wobec tego prawdopodobieństwo, że oskarżony jest winny, wynosi $1 - PR(E | H) = 0,999991$. Jednak powyższe rozumowanie jest błędne, ponieważ badając winę oskarżonego, należy zbadać prawdopodobieństwo, iż oskarżony jest niewinny pod warunkiem odpowiadania osobie opisanej w zeznaniach naocznego świadka. Wobec tego mamy

$$PR(H | E) = \frac{9}{10} = 0,9$$

Prawdopodobieństwo niewinności oskarżonego wynosi 0,9 i jest zupełnie inną wielkością niż 0,000009 w twierdzeniu prokuratora³³.

Błąd rozumowania prokuratora jest bardzo często popełniany. Dotyczy on na przykład przytoczonych już wcześniej w niniejszym artykule twierdzeń prokuratora w sprawie *People v. Collins*. Inną znaną sprawą, w której wystąpił błąd rozumowania prokuratora, jest sprawa *R. v. Clark*, która zostanie szerzej omówiona w dalszej części artykułu³⁴.

Błąd rozumowania obrońcy można przedstawić na następującym przykładzie: załóżmy, iż konkretny profil DNA występuje z prawdopodobieństwem 0,01, a cała populacja, wśród której znajduje się sprawca, liczy 10 000 osób. Wobec powyższego obrońca twierdzi, iż wskazany profil DNA może wystąpić w przypadku 100 osób i dowód wykorzystujący taki profil jest bezwartościowy. Błąd, jaki popełnia obrońca, sprowadza się do tego, iż prawdopodobieństwo winy sprawcy bez dowodu w postaci profilu DNA wynosi 1 : 10 000. Powyższy dowód zwiększa natomiast prawdopodobieństwo winy o 100 i ta cecha stanowi o jego wartości. Znaną sprawą, w której wystąpił błąd obrońcy, jest *People v. O.J. Simpson*. Obrona Simpsona twierdziła, iż podawane przez prokuraturę prawdopodobieństwa dotyczące występowanie profilu DNA w populacji prowadzą do wskazania dużej liczby potencjalnych podejrzanych i wobec

32 C. Aitken, P. Roberts, G. Jackson, *Practitioner Guides – Communicating and Interpreting Statistical Evidence in the Administration of Criminal Justice*, Part 1. Fundamentals of Probability and Statistical Evidence in Criminal Proceedings, Royal Statistical Society, 2011, London; R. Puch-Solis, P. Roberts, S. Pope, C. Aitken, *Practitioner Guides – Communicating and Interpreting Statistical Evidence in the Administration of Criminal Justice*, Part 2. Assessing the probative value of DNA evidence, Royal Statistical Society, 2012, London.

33 C. Vaughn, *The Prosecutor's Fallacy*, <http://faculty.mc3.edu/cvaughen/probability/prosecutorsfallacy.pdf>, data sprawdzenia: 24.08.2014.

34 *R. v. Clark*, [2003] EWCA Crim 1020, www.bailii.org/ew/cases/EWCA/Crim/2003/1020.html, data sprawdzenia: 24.08.2014.

tego dowody wykorzystujące powyższy profil DNA są bezwartościowe³⁵.

Kolejnym istotnym błędem popełnianym przy braku odpowiedniej wiedzy z zakresu statystyki jest zakładanie niezależności zdarzeń przy obliczaniu prawdopodobieństwa, gdy w rzeczywistości ona nie występuje. Niezależność ta np. dla zdarzenia A i B definiowana jest w następujący sposób: zdarzenie A nie ma w żaden sposób wpływu na zdarzenie B i vice versa. Jeśli zdarzenia są niezależne, to prawdopodobieństwo ich łącznego wystąpienia równe jest iloczynowi prawdopodobieństw wystąpienia każdego ze zdarzeń osobno: $PR(A, B) = PR(A) \times PR(B)$. Natomiast gdy zdarzenia są zależne, to prawdopodobieństwo ich łącznego wystąpienia wynosi: $PR(A, B) = PR(A) \times PR(B | A)$, gdzie $PR(B | A)$ oznacza prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia B pod warunkiem zajścia zdarzenia A . Przykładem popełnienia powyższego błędu jest znów sprawa *People v. Collins*, w której błędnie przyjęto, iż np. prawdopodobieństwo posiadania przez mężczyznę brody jest niezależne od posiadania przez niego wąsów. Jak jednak wiadomo, mężczyźni z brodą często mają wąsy i vice versa – powyższe cechy nie są więc niezależne³⁶. Innym przykładem popełnienia błędu co do niezależności zdarzeń jest sprawa *R. v. Clark*, w której podejrzewano, że zarówno pierwsze dziecko *S. Clark* w wieku niemowlęcym, jak i drugie jej dziecko w wieku niemowlęcym albo zmarło w wyniku zespołu nagłej śmierci niemowlęcia (*Sudden Infant Death Syndrom – SIDS*), albo zostało zamordowane³⁷. Biegły podał, iż prawdopodobieństwo śmierci niemowlęcia w wyniku powyższego syndromu w rodzinie o podobnych charakterystykach jak rodzina oskarżonej *S. Clark* wynosi 1 : 8 500. Mnożąc to prawdopodobieństwo przez prawdopodobieństwo nagłej śmierci drugiego niemowlęcia, biegły określił prawdopodobieństwo śmierci obu niemowlaków w wyniku wyżej opisanego syndromu na

$$\frac{1}{8500^2} \approx \frac{1}{73 \times 10^6}$$

Nie można jednak powiedzieć, iż powyższe nagłe zgony były od siebie niezależne. Zespół nagłej śmierci niemowlęcia może być spowodowany dziedziczną wadą genetyczną. Jeśli pierwszy niemowlak ma powyższą wadę, to istnieje wysokie prawdopodobieństwo, iż drugi niemowlak również będzie miał tę wadę. W takim przypadku nie można, obliczając prawdopodobieństwo, twierdzić, iż wyżej opisane zgony były niezależne od siebie.

35 W.C. Thompson, *DNA Evidence in the O.J. Simpson Trial*, „University of Colorado Law Review” 1996, Vol. 67, s. 827–857.

36 C. Aitken, F. Taroni, *Statistics and the...*, op.cit., s. 128.

37 *R. v. Clark*, [2003] EWCA Crim 1020, www.bailii.org/ew/cases/EWCA/Crim/2003/1020.html, data sprawdzenia: 24.08.2014.

Innym błędem popełnianym w trakcie użycia metod statystycznych w kryminalistyce jest sugerowanie osobom dokonującym oceny dowodów w postępowaniu karnym wielkości prawdopodobieństw, które nie mają żadnego oparcia w dowodach lub populacji. Błąd ten został popełniony w sprawie *People v. Collins*, w której przyjęte przez prokuratora prawdopodobieństwa wystąpienia cech charakterystycznych zatrzymanej pary nie miało żadnego ugruntowania empirycznego: nie bazowały one na wynikach jakichkolwiek badań, nie wynikały z jakichkolwiek statystyk. Zostały po prostu określone przez prokuratora według jego osobistego mniemania.

Istotną kwestią, którą należy poruszyć w kontekście użycia metod statystycznych w kryminalistyce, jest dopuszczalność dowodów naukowych w postępowaniach karnych. Pojawia się pytanie, co może być traktowane jak dowód naukowy (*scientific evidence*), a co takim dowodem nie jest (*non scientific evidence*). W tym kontekście warto powołać się na sprawę *Frye v. United States*³⁸. W powyższej sprawie oskarżony żądał dopuszczenia dowodu w postaci badań poligraficznych będących wtedy nowinką techniczną. Sąd jednak odmówił dopuszczenia tego dowodu, a postanowienie to zostało podtrzymane przez sąd apelacyjny. Ten ostatni stwierdził, iż dowód naukowy należy dopuścić, jeśli uzyskał ogólną akceptację w stosownym środowisku naukowym. Dowód taki musi spełnić następujący warunek: dziedzina naukowa, do której należy przyporządkować dowód, uważa technikę, na podstawie której uzyskano ten dowód, za: a) wiarygodną; b) możliwą do zreplikowania przez innych ekspertów z danej dziedziny; c) opartą na solidnych podstawach naukowych³⁹. Niespełnienie przez dowód powyższych warunków jest równoznaczne z jego niedopuszczeniem. Reguła *Frye* (inaczej zwana testem ogólnej akceptacji – *general acceptance test*) przez wiele lat była standardem wyznaczającym w sądach w USA możliwość dopuszczenia dowodu naukowego. Z czasem została zastąpiona (choć jest jeszcze używana w niektórych stanach) przez regułę *Daubert*, która jest związana ze sprawami *Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals Inc.*, *General Electric Co. v. Joiner* i *Kumho Tire Co. v. Carmichael*⁴⁰. Powyższa reguła stwierdza, iż o dopuszczeniu

38 *Frye v. United States*, 293 F. 1013 (D.C. Cir. 1923), http://www.law.ufl.edu/_pdf/faculty/little/topic8.pdf, data sprawdzenia: 24.08.2014.

39 A.A. Moennses, *Admissibility of Scientific Evidence – An Alternative to the Frye Rule*, William and Mary Law Review 1984, Vol. 25, Issue 4, s. 545–575.

40 *Daubert v. Merrell Dow Pharm. Inc.*, 509 U.S. 579 (1993), <http://www.law.cornell.edu/supct/html/92-102.ZS.html>, data sprawdzenia: 24.08.2014; *General Electric Co. v. Joiner*, 522 U.S. 136 (1997), <http://www.law.cornell.edu/supct/html/96-188.ZS.html>, data sprawdzenia: 24.08.2014; *Kumho Tire Co. v. Carmichael*, 526 U.S. 137

dowodu naukowego rozstrzyga sędzia, który musi zdecydować, czy dowód jest relewantny dla sprawy i oparty na wiarygodnych podstawach. W tym celu powinien brać pod uwagę, czy dana teoria/technika może zostać (i czy była) sprawdzona, czy była opisywana w recenzowanych publikacjach, jaki jest jej znany albo potencjalny błąd i czy zyskała szeroką akceptację w odpowiednim środowisku naukowym. Sędzia powinien skupić się na zasadach i metodologii danych badań, a nie na ich wnioskach⁴¹.

Przykłady wykorzystania metod statystycznych w kryminalistyce

Istnieje wiele przykładów stosowania metod statystycznych w kryminalistyce. W niniejszym artykule zostaną zaprezentowane trzy z nich: a) analiza linii papilarnych jako jeden z najstarszych przykładów użycia wyżej wymienionych metod; b) analiza fragmentów szkła oraz c) analiza profilu DNA jako przykłady najczęściej przytaczane w literaturze.

Analiza linii papilarnych

D.A. Stoney wskazuje, iż pierwsze próby analizy linii papilarnych z wykorzystaniem metod statystycznych przeprowadził F. Galton pod koniec XIX w.⁴². Próbował on obliczyć, jakie jest prawdopodobieństwo powtórzenia się budowy linii papilarnych u dwóch różnych osób albo nawet u tej samej osoby, ale na dwóch różnych palcach. W tym celu dzielił odcinek palca na 24 kwadraty i zakładał, iż prawdopodobieństwo wystąpienia odpowiedniej kombinacji minucji w danym kwadracie, biorąc pod uwagę minucje w sąsiednich kwadratach, wynosi 1 : 2. Dodatkowo Galton przyjął, iż prawdopodobieństwo wystąpienia takiego samego ogólnego wzoru linii papilarnych wynosi 1 : 16, a prawdopodobieństwo wystąpienia prawidłowej liczby minucji w danym kwadracie wynosi 1 : 256. Wobec powyższego prawdopodobieństwo wystąpienia innej odbliski palca z takimi samymi charakterystykami linii papilarnych wynosi:

$$PR(LP) = \left(\frac{1}{2}\right)^{24} \times \frac{1}{16} \times \frac{1}{256} = 1,45 \times 10^{-11} \quad .^{43}$$

(1999), <http://www.law.cornell.edu/supct/html/97-1709.ZO.html>, data sprawdzenia: 24.08.2014.

- 41 D.E. Shelton, *The Admissibility of Social Science Evidence in Criminal Cases*, 2009, works.bepress.com/donald_shelton/14/, data sprawdzenia: 24.08.2014.
- 42 D.A. Stoney, *Measurement of fingerprint individuality*, [w:] Lee H.C., Gaensslen R.E., *Advances in Fingerprint Technology*, CRC Press, 2001, Boca Raton.
- 43 D. Stoney, J. Thornton, *A Critical Analysis of Quantitative Fingerprint Individuality Models*, „Journal of Forensic Sciences” 1986, Vol. 31, No. 4, s. 1187–1216.

Metoda Galtona była krytykowana ze względu na arbitralność przyjętych wielkości prawdopodobieństw. Stoney uważa wyższe prawdopodobieństwa za zbyt duże i nieoddające rzeczywistego zróżnicowania linii papilarnych⁴⁴.

Kolejnym ilościowym podejściem do analizy linii papilarnych był model Henry’ego z początku XX w.⁴⁵. Obliczał on prawdopodobieństwo wystąpienia odpowiedniej kombinacji minucji zgodnie ze wzorem: $P(C) = (P)^N$, gdzie: P – prawdopodobieństwo wystąpienia jednej minucji; N – liczba minucji. Za wartość dla P Henry przyjmował arbitralnie 1 : 4. Wartość ta była krytykowana i, podobnie, jak w modelu Galtona, uważana za zbyt dużą⁴⁶.

V. Balthazard zaproponował podejście do analizy linii papilarnych, bazując na modelu Henry’ego. Rozróżnił on cztery rodzaje minucji: a) początki; b) zakończenia; c) rozwidlenia; d) złączenia linii papilarnych⁴⁷. Balthazard założył, iż prawdopodobieństwo wystąpienia każdego z powyższych rodzajów minucji jest takie samo i wynosi 1 : 4. Wobec powyższego Balthazar obliczył, iż w celu przypadkowego wystąpienia podobnej konfiguracji N minucji konieczne jest zbadanie 4^N odblisków palców. W kolejnym kroku Balthazar obliczył liczbę minucji konieczną do wydania kategorycznej opinii wykluczającej przypadkową zgodność minucji. Przyjmując, iż populacja na świecie wynosiła w czasach Balthazara ok. 1,5 miliarda osób, co daje ok. 15 miliardów palców, liczba minucji potrzebna do wydania kategorycznej opinii wynosi 17. Jednocześnie Balthazar wskazał, iż w przypadku, gdy sprawca pochodzi z określonego regionu geograficznego (np. Ameryki Północnej), liczba minucji potrzebnych do wydania takiej opinii jest mniejsza⁴⁸.

W kolejnych latach następował dalszy rozwój ilościowych podejść do analizy linii papilarnych, do których zaliczyć można model Roxburgha, Kingstona, Osterburga czy też badania C. Grzeszyka⁴⁹.

Wadą wyżej opisanych podejść był fakt, iż opierały się one na niewielkich bazach z odbliskami palców i nie wykorzystywały mocy obliczeniowej komputerów. Pierwszym podejściem, które nie miało powyższych

44 Ibidem, s. 1190.

45 E.R. Henry, *Classification and Uses of Fingerprints*, Routledge&Sons, London 1900.

46 D. Stoney, J. Thornton, *A Critical Analysis...*, op.cit., s. 1187–1216.

47 J. Moszczyński, *Standardy identyfikacji daktyloskopijnej*, „Problemy Kryminalistyki” 2008, nr 261, s. 14–21.

48 Stoney D., Thornton J., *A Critical Analysis...*, op.cit., s. 1187–1216.

49 Ibidem; G. Langenburg, *Scientific Research Supporting the Foundations of Friction Ridge Examinations*, 2011, <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/nij/225334.pdf>, data sprawdzenia: 24.08.2014; A. Zajac, *Zabezpieczenie śladów. Analiza daktyloskopijna*, 2013, <http://ies.krakow.pl/download/azajac.pdf>, data sprawdzenia: 24.08.2014.

wad był model Champoda i Margota⁵⁰. Korzystając z algorytmów komputerowych, przeanalizowali oni 977 odbitek palców i dokonali dokładnej analizy statystycznej minucji, na którą składało się obliczenie ich rozkładu i gęstości prawdopodobieństwa oraz częstości występowania.

Również Pankanti i współautorzy korzystali w swoim podejściu ze stosunkowo dużej bazy danych zawierającej 668 odbitek palców oraz z algorytmów komputerowych. Skonstruowali oni wyrafinowany model statystyczny pozwalający na obliczenie prawdopodobieństwa zgodności zbioru minucji zawierającego N – elementów z innym zbiorem zawierającym taką samą liczbę elementów⁵¹.

Zasadniczą wadą powyższych podejść jest fakt, iż nie zostały one przetestowane z wykorzystaniem dużych baz danych. Z powyższego powodu trudno ocenić, czy podawane przez nie prawdopodobieństwa dotyczące występowania dwóch odbitek palców z takimi samymi charakterystykami linii papilarnych są właściwe. Niemożliwe jest również dokładne podanie precyzji oszacowań tych modeli.

Analiza fragmentów szkła

J.M. Curran wskazuje, iż fragmenty szkła jako dowód występują w wielu sytuacjach, takich jak: rozbita w wyniku włamania szyba, ale też rozbity reflektor lub rozbite szyby samochodowe w wypadku, w którym sprawca ucieka z miejsca zdarzenia czy też stłuczone w wyniku bójki butelka lub okulary. Szkło jest obok DNA takim rodzajem dowodu, przy interpretacji którego w największym stopniu wykorzystywana jest statystyka⁵².

Analiza fragmentów szkła na podstawie współczynnika załamania światła, gęstości czy grubości dokonywana była już w pierwszej połowie XX w. Jednak dopiero Evett w latach 70. wprowadził do niej elementy statystyki. W swoich pracach sprawdzał, czy fragmenty szkła mogą pochodzić z tego samego źródła, używając do tego celu metody porównania obserwacji z dwóch różnych źródeł. Jednocześnie dokonał jej rozszerzenia poprzez wprowadzenie algorytmu mającego na celu łączenie w grupy cząsteczek szkła o podobnych wartościach współczynnika załamania światła. Evett i Lambert wskazują, iż dokonanie tego łącznie dla sprawdzenia, czy fragmenty szkła mogą

pochodzić z tego samego źródła, ma istotne znaczenie zarówno wtedy, gdy badane fragmenty szkła pochodzą z tego samego źródła, jak i wówczas, gdy pochodzą z różnych źródeł⁵³. W przypadku braku łączenia w grupy rośnie prawdopodobieństwo uznania dwóch fragmentów szkła za pochodzące z dwóch różnych źródeł, mimo iż pochodzą z tego samego źródła. Co więcej, prawdopodobieństwo to rośnie wraz z liczbą badanych fragmentów szkła. Natomiast w przypadku łączenia w grupy powyższe prawdopodobieństwo jest stałe i równe przyjętemu poziomowi istotności – np. jeśli poziom ten wynosi 1%, to w 1% przypadków dwa fragmenty szkła zostaną uznane za pochodzące z różnych źródeł, mimo iż pochodzą z tego samego źródła. W przypadku, gdy fragmenty będą pochodzić z różnych źródeł, brak łączenia w grupy zwiększa prawdopodobieństwo wskazania, iż pochodzą one z tego samego źródła.

Wprowadzona przez Evetta i Lamberta metoda spotkała się z czasem z krytyką związaną z porównaniem dwóch zbiorów obserwacji. Podejście to zakłada albo odrzucenie hipotezy zerowej mówiącej o tym, iż różnica w średnich jest równa zero albo brak podstaw do odrzucenia tej hipotezy. Jest to myślenie zerojedynkowe (*fall off the cliff effect*) uzależnione od przyjętego poziomu istotności, decydującego o tym, czy hipoteza jest odrzucana, czy nie ma podstaw do jej odrzucenia⁵⁴. Przykładowo, jeśli poziom wynosi 1%, a obliczone p-value 0,9%, to hipoteza o braku różnicy w średnich jest odrzucana i fragmenty szkła zostaną uznane za pochodzące z różnych źródeł. Natomiast niewielka zmiana p-value, np. o 0,2 punktu procentowego do 1,1%, powoduje, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o braku różnicy w średnich i fragmenty szkła zostaną uznane za mogące pochodzić z tego samego źródła. Uważa się jednak, że taka zmiana byłaby trudna do uzasadnienia w momencie użycia dowodu. Również sam Evett przyznaje, że metoda autorstwa jego i Lamberta jest wadliwa i łatwo może prowadzić do błędów rozumowania prokuratora⁵⁵.

Z powyższych powodów Lindley zaproponował podejście oparte na twierdzeniu Bayesa, które zostało następnie udoskonalone przez kolejnych badaczy⁵⁶. Może ono zostać przedstawione na opisanym poniżej przykładzie. Załóżmy, że została rozbita szyba, a osoba podejrzana o jej rozbicie została zatrzymana. Następnie ujawniono grupy cząsteczek szkła na ubraniu tej osoby i pobrano fragmenty szkła z rozbitej szyby. W celu obliczenia ilorazu wiarygodności można

50 G. Langenburg, *Scientific Research Supporting...*, op.cit., s. 16.

51 S. Dass, S. Pankanti, S. Prabhakar, Y. Zhu, On the Individuality of Fingerprints: Models and Methods, 2009, <http://www.stt.msu.edu/~sdass/papers/encyclopedia.pdf>, data sprawdzenia: 24.08.2014.

52 J.M. Curran, *The Statistical Interpretation of Forensic Glass Evidence*, „International Statistical Review” 2003, Vol. 71, Issue 3 s. 497–520.

53 I.W. Evett, J.A. Lambert, *The interpretation of refractive index measurements III*, op.cit., s. 237–245.

54 K. Walsh, J.S. Buckleton, C.M. Triggs, *A practical example of the interpretation of glass evidence*, „Science&Justice”, 1996, Vol. 36, Issue 4, s. 213–218.

55 I.W. Evett, *Interpretation: a personal odyssey...*, op.cit., s. 10.

56 D. Lindley, *A Problem...*, op.cit., s. 207–213.

postawić następującą hipotezę: $PR(E | H_1)$ – jakie jest prawdopodobieństwo znalezienia n fragmentów szkła na ubraniu podejrzanego, które mogą pochodzić z rozbitej szyby, jeśli to on rozbił szybę i biorąc pod uwagę to, co wiadomo o zdarzeniu i podejrzanym. W przypadku tej hipotezy musimy uwzględnić dwie możliwości:

- przed rozbiciem szyby na ubraniu podejrzanego nie znajdowały się żadne cząsteczki szkła, a następnie doszło do ich przemieszczenia się z rozbitej szyby na ubranie;
- na ubraniu podejrzanego znajdowały się grupy cząsteczek szkła już przed rozbiciem szyby, a nie doszło do przemieszczenia się grup cząsteczek z rozbitej szyby na ubranie podejrzanego.

Oznaczając P_i – prawdopodobieństwo, iż niewinny podejrzanym będzie miał na swoim ubraniu i -grup cząsteczek szkła (gdzie $i = 0, 1, 2, \dots$); S_j – prawdopodobieństwo, iż grupa cząsteczek szkła liczy j -fragmentów (gdzie $j = 0, 1, 2, \dots$); f – prawdopodobieństwo, iż grupa fragmentów szkła z ubrania podejrzanego pochodzi z rozbitej szyby można pokazać: $PR(E | H_1) = T_0 \times P_1 \times S_n \times f + T_n \times P_0$. Pierwszy człon tego równania opisuje wskazaną powyżej możliwość b) nie doszło do przemieszczenia się grup cząsteczek z rozbitej szyby na ubranie podejrzanego z prawdopodobieństwem T_0 , a na ubraniu podejrzanego znajdowała się już jedna grupa n -cząsteczek szkła z prawdopodobieństwem $P_1 \times S_n$, która pochodziła z rozbitej szyby z prawdopodobieństwem f . Drugi człon powyższego równania opisuje możliwość z punktu a) n -cząsteczek szkła przemieściło się z rozbitej szyby na ubranie podejrzanego, na którym przedtem nie było żadnych cząsteczek szkła. Druga potrzebna do obliczenia ilorazu wiarygodności hipoteza może zostać przedstawiona jako: $PR(E | H_2)$ – jakie jest prawdopodobieństwo, iż na ubraniu podejrzanego zostanie znaleziona jedna grupa n -cząsteczek szkła, pochodzących z rozbitej szyby pomimo faktu, iż podejrzanym nie brał udziału w zdarzeniu. Prawdopodobieństwo to może zostać obliczone jako: $PR(E | H_1) = P_1 \times S_n \times f^{57}$. Wobec powyższego iloraz wiarygodności może zostać przedstawiony jako:

$$\frac{PR(E | H_1)}{PR(E | H_2)} = \frac{T_0 \times P_1 \times S_n \times f + T_n \times P_0}{P_1 \times S_n \times f} = \quad (1)$$

$$= T_0 + \frac{T_n \times P_0}{P_1 \times S_n \times f}$$

Istotnym problemem związanym z analizą fragmentów szkła z użyciem metod statystycznych jest założenie, iż współczynnik załamania światła cechuje się

rozkładem normalnym⁵⁸. Jednak badania pokazują, iż założenie to jest nieprawdziwe, co negatywnie oddziałuje na wnioskowanie statystyczne. Z powyższego powodu prowadzone są prace nad procedurami mającymi na celu uwzględnienie tego problemu.

Analiza profilu DNA

Wskazuje się, iż profilowanie DNA, w porównaniu z innymi analizami dowodowymi w ramach kryminalistyki, jest oparte wprost na rachunku prawdopodobieństwa. Wynika to z faktu, iż biegły badający DNA nie jest w stanie wskazać konkretnej osoby, jako tej, od której pochodzi profil DNA, ponieważ mimo unikalności samego DNA taki sam profil DNA w polimorficznych układach genetycznych typu STR może mieć więcej niż jedna osoba, np. rodzeństwo monozygotyczne⁵⁹. Z tego względu ocena dowodu z DNA zawsze oparta będzie na prawdopodobieństwie.

Uważa się, że pierwsze elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki związane z analizą profilu DNA pojawiły się w latach 80. XX w.⁶⁰. Ich rozwój następował wraz z rozwojem metod analizy profilu DNA, takimi jak Single Locus Probe (SLP), STR-PCR (Short Tandem Repeat – Polymerase Chain Reaction) i LCN (Low Copy Number). Obecnie szerokie zastosowanie mają iloraz wiarygodności oraz twierdzenie Bayesa.

Ważnym problemem związanym z zastosowaniem statystyki przy analizowaniu profilu DNA, na który wskazują Curran i współautorzy, jest konieczność obliczania błędu szacunku⁶¹. Błąd ten wynika z faktu, iż w profilowaniu DNA wykorzystywana jest częstość występowania alleli, która z kolei jest szacowana na podstawie zebranych profili lub profili dostępnych w bazach danych. Z szacowaniem częstości w naturalny sposób związany jest błąd szacunku wskazujący na precyzję oszacowań. Stąd pojawia się postulat obliczania i podawania powyższego błędu przy przedstawianiu dowodów opierających się na profilowaniu DNA.

Zwraca się również uwagę na dużą podatność przy przedstawianiu dowodów z profilowania DNA na błąd rozumowania prokuratora. Wynika to z faktu, iż

58 G. Zadora *Examination of the Refractive Index of selected samples of glass for forensic purposes*, „Z Zagadnień Nauk Sądowych” 2001, zeszyt XLV, s. 36–51.

59 R. Puch-Solis, P. Roberts, S. Pope, C. Aitken, *Practitioner Guides...*, op.cit., s. 13.

60 L.A. Foreman, C. Champod, I.W. Evett, J.A. Lambert, S. Pope, *Interpreting DNA Evidence: A Review*, „International Statistical Review” 2003, Vol. 71, Issue 3, s. 473–495.

61 J.M. Curran, J.S. Buckleton, C. M. Triggs, B.S. Weir, *Assessing uncertainty in DNA evidence caused by sampling effects*, „Science&Justice” 2002, Vol. 42, No. 1, s. 29–37.

57 J.M. Curran, *The Statistical...*, op.cit., s. 497–520.

prawdopodobieństwo przypadkowej zgodności profili przy zastosowaniu obecnych metod analiz profilu DNA jest bardzo niskie i wynosi około 1 do 10^{20} . Jako przykłady znanych spraw, w których popełniono powyższy błąd w związku z wykorzystaniem dowodów z profilowania DNA, można podać sprawy R. v. Deen oraz R. v. Doheny and Adams. W pierwszej z nich A. Deen został oskarżony o dokonanie serii gwałtów, a głównym dowodem była zgodność profilu DNA Deena z profilem DNA z nasienia pobranego z pochwy jednej z ofiar. Podczas rozprawy sądowej biegły określił prawdopodobieństwo przypadkowej zgodności profili na 1 do 3 000 000, a na pytanie prokuratora dodał, iż takie jest prawdopodobieństwo pochodzenia nasienia od innej osoby niż Deen. Następnie biegły wywnioskował, iż ze względu na tak małe prawdopodobieństwo nasienie to musi pochodzić od Deena. Popełniony błąd polegał na obliczeniu przez biegłego $PR(E | H)$, gdzie E = przypadkowa zgodność profili, H = Deen jest niewinny. W rzeczywistości jednak powinien on obliczyć $PR(H | E)$. Błąd rozumowania prokuratora, który spowodował niewłaściwą interpretację dowodu z profilu DNA przez ławę przysięgłych, był podstawą do zarządzenia przez sąd apelacyjny ponownego rozpatrzenia sprawy⁶². W przypadku sprawy R. v. Doheny and Adams A. Doheny został oskarżony o dokonanie gwałtu, a głównym dowodem była również zgodność profilu jego DNA z profilem DNA z nasienia pobranego z bielizny ofiary. Biegły podczas rozprawy sądowej ocenił prawdopodobieństwo przypadkowej zgodności profili na 1 do 40 000 000, a na dodatkowe pytanie odpowiedział, iż jest przekonany ponad wszelką wątpliwość o zgodności profilu DNA Doheny'ego z profilem DNA z nasienia – które to profile muszą pochodzić od tej samej osoby. Sąd apelacyjny uznał, iż powyższy błąd rozumowania prokuratora może stanowić podstawę do zarządzenia ponownego rozpatrzenia sprawy⁶³.

Przy postępowaniu się dowodem z profilowania DNA ważnym zagadnieniem jest również tzw. hierarchia propozycji (*hierarchy of propositions*), która dotyczy stawianych hipotez i która ma istotny wpływ na interpretację dowodu. Należy zaznaczyć, iż hierarchia propozycji dotyczy w istocie każdego dowodu naukowego wykorzystywanego w postępowaniu karnym, ale wydaje się, iż najsilniej objawia się w przypadku dowodów z profilowania DNA. R. Cook i współautorzy zaproponowali, aby powyższa hierarchia składała się z trzech poziomów, na których stawiane będą hipotezy: poziom źródłowy (*source*) będący najniższym poziomem, poziom działania (*activity*) i poziom przestępstwa

(*offence*) będący najwyższym poziomem⁶⁴. Dodatkowo uważa się, iż w dowodach z profilowania DNA występuje jeszcze poziom podźródłowy znajdujący się poniżej poziomu źródłowego. W celu zobrazowania powyższych poziomów można przedstawić następujący przykład⁶⁵: kobieta Y twierdzi, że została zgwałcona podczas drogi do domu. Podczas badania ginekologicznego ofiary zgwałcenia pobrano z jej dróg rodnych materiał biologiczny w postaci nasienia, a otrzymany profil DNA porównano z profilami DNA zawartymi w krajowej bazie profili DNA. Okazało się, że profil DNA sprawcy jest zgodny z profilem DNA mężczyzny X, który staje się głównym podejrzanym w sprawie. Hipotezy z różnych poziomów, które można testować z wykorzystaniem statystyki, zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Możliwe hipotezy na różnych poziomach hierarchii

Poziom	Hipoteza
Przestępstwa	H_1 : mężczyzna X zgwałcił kobietę Y H_2 : inny mężczyzna zgwałcił kobietę Y
Działania	H_1 : mężczyzna X odbył stosunek z kobietą Y H_2 : inny mężczyzna odbył stosunek z kobietą Y
Źródła	H_1 : nasienie pochodzi od mężczyzny X H_2 : nasienie pochodzi od innego mężczyzny
Podźródłowy	H_1 : profil DNA jest mieszaniną pochodzącą od mężczyzny X i kobiety Y H_2 : profil DNA jest mieszaniną pochodzącą od nieznanego mężczyzny i kobiety Y

Foreman L.A., Champod C., Evett I.W., Lambert J.A., Pope S. Interpreting DNA Evidence: A Review, *International Statistical Review*, 2003, Vol. 71, Issue 3, s. 473–495.

W powyższym przykładzie, wychodząc od hipotez dla poziomu podźródłowego i dysponując ilorazem wiarygodności, można przejść do hipotez dla poziomu źródłowego. W tym celu jednak konieczna jest znajomość związków pomiędzy profilem DNA a źródłem, z którego został pobrany. Przechodząc dalej do hipotez dla poziomu działania, konieczne

62 L.A. Foreman, C. Champod, I.W. Evett, J.A. Lambert, S. Pope, *Interpreting DNA Evidence...*, op.cit., s. 473–495.

63 R. v. Doheny and Adams, [1996] EWCA Crim 728, www.bailii.org/ew/cases/EWCA/Crim/1996/728.html, data sprawdzenia: 24.08.2014.

64 R. Cook, I.W. Evett, G. Jackson, P.J. Jone, J.A. Lambert, *A hierarchy of propositions: deciding which level to address in case work*, „Science&Justice”, 1998, Vol. 38, No. 4, s. 213–239.

65 L.A. Foreman, C. Champod, I.W. Evett, J.A. Lambert, S. Pope, *Interpreting DNA Evidence...*, op.cit., s. 473–495.

jest posiadanie informacji o sposobach przeniesienia DNA. Również przejście do hipotez dla poziomu przestępstwa wymaga kolejnych informacji, np. o okolicznościach zdarzenia. Generalnie można założyć, iż im wyższy poziom w hierarchii, tym większa wartość dowodu naukowego oraz dokonywanej przez biegłego interpretacji tego dowodu. Wiąże się to jednak z koniecznością posiadania przez biegłego odpowiednich informacji na każdym omawianym poziomie.

Podsumowanie

Elementy matematyki w prawie odnaleźć można już w czasach starożytnych, ale istotne znaczenie miały dopiero prace z XVIII w., w tym „Ars Conjectandi” J. Bernoulliego, w której po raz pierwszy dokonano próby ilościowego ujęcia dowodów. Do dalszych prac wykorzystujących elementy rachunku prawdopodobieństwa i statystyki w prawie, a konkretnie w kryminalistyce, można zaliczyć prace Benthama i Poissona. Metody statystyczne wykorzystywane były również w przypadku sprawy testamentu Howland, sprawie Dreyfusa czy sprawie *People v. Collins*. Szybszy rozwój tych metod nastąpił w latach 60. XX w., a gwałtowne przyśpieszenie nastąpiło w latach 90. XX w.

Powodem dla wykorzystania metod statystycznych w kryminalistyce jest element niepewności występujący w postępowaniach karnych, która to niepewność pojawia się na skutek podejmowania decyzji w oparciu o dowody. Jak pokazano w niniejszym artykule, zastosowanie metod statystycznych pozwala na skwantyfikowanie tej niepewności oraz na przetestowanie różnego rodzaju hipotez, a także na przedstawienie w ilościowy sposób wartości danego dowodu. Dodatkowo rosnąca moc obliczeniowa komputerów, zwiększenie dostępności tych ostatnich oraz rozwój specjalistycznego oprogramowania sprzyjają wykorzystaniu metod statystycznych w wielu aspektach kryminalistyki.

W celu sprawdzenia postawionej we wstępie hipotezy zwrócono również uwagę na istotne wady metod statystycznych. Jedną z nich jest konieczność posiadania odpowiedniej wiedzy z zakresu matematyki, rachunku prawdopodobieństwa czy statystyki – której brak utrudni bądź uniemożliwi zastosowanie właściwych narzędzi matematycznych, zwłaszcza przez osoby, które dokonują oceny dowodów (sędziów). Problem stanowią również przekazanie i interpretacja uzyskanych wyników przez biegłych wykorzystujących metody statystyczne w kryminalistyce, tak aby były one zrozumiałe dla laików. Brak odpowiedniego zrozumienia może prowadzić do wystąpienia mających poważne konsekwencje błędów, takich jak błąd rozumowania prokuratora, błąd rozumowania obrońcy czy zakładanie niezależności zdarzeń przy obliczaniu prawdopodobieństwa, gdy w rzeczywistości ta

niezależność nie występuje. Błędy te podważają „wiarę” w metody statystyczne, jak również zniechęcają do ich użycia. Przedstawione w artykule konkretne przykłady wykorzystania powyższych metod: analiza linii papilarnych, analiza fragmentów szkła i analiza profilu DNA cechują się wspomnianymi wcześniej zaletami i wadami. Dodatkowo w analizach kryminalistycznych obecny jest również element subiektywizmu. W przypadku tych przykładów w największym stopniu występuje on w badaniach linii papilarnych, w mniejszym stopniu w analizie fragmentów szkła. Najmniejszym subiektywizmem cechuje się analiza profilu DNA⁶⁶. Subiektywizm ten oddziałuje zarówno na interpretację, jak i ocenę danego dowodu.

Wydaje się, iż ze względu na dalszy rozwój metod statystycznych w kryminalistyce w przyszłości konieczne będzie dokonanie dogłębnej oceny ich zastosowania i przydatności z wyszczególnieniem ich zalet, wad oraz możliwości zastosowania. Konieczne jest również odpowiednie przekazanie wiedzy o tych metodach osobom dokonującym oceny dowodów w postępowaniu karnym. W chwili obecnej powyższe próby należą jeszcze do rzadkości.

66 J. Moszczyński, *Subiektywizm w badaniach kryminalistycznych. Przyczyny i zakres stosowania subiektywnych ocen w wybranych metodach identyfikacji człowieka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn 2011.