

Vývoj a výskum v oblasti mikroskopického skúmania daktyloskopických stôp

Anotácia: V kriminalistickej praxi je nevyhnutné vytvárať nové metódy skúmania. Platí to aj pre odvetvie daktyloskopie. Slovenská republika využíva na identifikovanie odtlačkov kvantitatívnu metódu s numerickým štandardom, pri ktorom je potrebné na potvrdenie individuálnej identifikácie desať markantov – druhostupňových detailov. Existuje však, a v zahraničí sa aj využíva, tzv. kvalitatívna metóda. Vychádza z komplexného skúmania všetkých troch úrovní daktyloskopických detailov, t. j. aj tret'ostupňových detailov, ktorými sú napríklad potné póry, štruktúra a tvar líšt papilárnych línií, ich šírka a tvar zakrivenia a pod. Zaujímavým ukazovateľom je aj typ jednotlivých druhostupňových detailov a ich vzájomná korelácia, prípadne frekvencia výskytu v jednotlivých daktyloskopických vzoroch. Kvalitatívne skúmanie je však treba podložiť výskumom, aby mohlo byť následne prijaté ako uznané aj v našich podmienkach a mohlo byť aplikované do praxe.

Kľúčové slová: daktyloskopia, markanty, identifikácia.

Úvod

Daktyloskopia je kriminalistická metóda, ktorá umožňuje individuálnu identifikáciu osoby. Je u nás používaná už viac ako sto rokov, pričom spôsob vyhodnocovania a pohľad na daktyloskopické stopy sa počas tohto obdobia výrazne nezmenil. Je nesmierne dôležité, aby sa tieto dlhoročne zaužívané metódy preverovali, obnovovali a rozvíjali. Rovnako ako iné metódy aj daktyloskopia by mala využiť nové vedecké poznatky, ktoré môžu výrazne pomôcť k zvýšeniu efektívnosti používania tejto metódy.

Pri kvantitatívnom spôsobe vyhodnocovania upotrebitelnosti daktyloskopických stôp a taktiež pri identifikácii sa používa numerický štandard, t. j. pravidlo o počte markantov, ktoré je potrebné „napočítat“ pri vyhodnocovaní daktyloskopickkej stopy alebo „mať zhodných“ pri porovnávaní stopy s daktyloskopickým odtlačkom osoby pri daktyloskopickkej identifikácii. Tieto numerické štandardy sa od štátu k štátu líšia v intervale 8 až 17 markantov potrebných na identifikáciu.¹

Kvalitatívny prístup pri vyhodnocovaní daktyloskopických stôp a identifikácii je cesta, ktorá by umožnila zvýšiť efektívnosť tejto metódy v našich podmienkach. Avšak bez vedecky získaných a overených dát nie je vhodné túto a ani žiadnu inú metódu aplikovať do praxe. V rámci výskumu, ktorý prebieha od roku 2011 a ktorého čiastkové výsledky už boli publikované vo viacerých zborníkoch z vedeckých konferencií, sme vychádzali z potreby vedeckého overenia platnosti slovenského numerického štandardu, ktorý chceme aplikovať nielen na posledné články prstov, ale aj na papilárny terén dlaní. Na tento účel bolo potrebné uskutočniť zber dát z papilárneho terénu odtlačkov prstov a dlaní, pričom našou najväčšou ambíciou je vytvorenie novej metodiky skúmania daktyloskopických stôp, v rámci ktorej budú využité aj tret'ostupňové detaily. Domnievame sa, že súčasne používaný numerický štandard obmedzuje možnosti individuálnej daktyloskopickkej identifikácie na Slovensku.

Overenie numerického štandardu

V roku 1982 boli publikované v Kriminalistickom zborníku výsledky výskumu, pri ktorom bola na vzorke 5000 náhodne vybraných odtlačkoch prstov určená frekvencia výskytu fi pre 415 085 markantov v rámci skúmaných odtlačkov. Následne bola stanovená frekvencia výskytu markantu Pi v určitom bode odtlačku (hodnota 0.2 je stredná hustota

¹ NEMETHOVA, Z., Kvantitatívny verus kvalitatívny prístup pri kriminalistickom skúmaní daktyloskopických stôp, In *Policajná teória a prax*, Roč. XVIII, 2/2010, str. 64 – 77, ISSN 1335-1370

výskytu markantu v strede odtlačku) ako: $P_i = f_i \times 0.2$. Autori ďalej predstavili identifikačnú hodnotu markantu H_i ako prevrátenú hodnotu P_i resp. jej logaritmickú formu I_i , pričom $I_i = -\log p_i$. Tieto poznatky aplikovali na výpočet počtu markantov potrebných na individuálnu identifikáciu na populáciu ČSSR + počet osôb medzinárodného cestovného ruchu = 50 miliónov. Vyslovili hypotézu, že na spoľahlivú identifikáciu je potrebné, aby prevrátená hodnota pravdepodobnosti výskytu daného súboru markantov bola väčšia, ako je súčasný počet obyvateľov, resp. obyvateľov určitého územia.

$$P(\text{sada buniek}) = \prod_{i=1}^n (H_i) = 1 / \prod_{i=1}^n (p_i) > N$$

$$\text{alebo } \prod_{i=1}^n (p_i) < N^{-1}$$

N je počet obyvateľov násobený desiatimi a n je počet markantov. Pre $N = 50$ miliónov = 5×10^8 je $\log N = 8.69897$, čo môžeme zaokrúhliť na hodnotu 8.7. V prípade daktyloskopickej stopy s desiatimi ukončeniami je celková identifikačná hodnota všetkých markantov I_i väčšia ako je potrebné, a preto môžeme vysloviť záver o identifikácii:

10

$$\sum_{i=1} I_i = 10 \times 0.94 = 9.4 > 8.7$$

Pretože autori nebrali do úvahy orientáciu markantov, možnosti falošného rozpoznania markantu, faktor kvality odtlačku, ich názor, že na danú oblasť je potrebných 6 – 10 markantov, bolo možné v danom čase akceptovať a aplikovať do bežnej praxe².

Prvým krokom pri overovaní uvedenej teórie, z ktorej bol odvodený numerický štandard, ktorý v súčasnosti používame, bol výpočet frekvencií markantov vo vzorke 1020 odtlačkov manuálne³ a aj pri použití softvéru vyvinutého na účel hromadného zberu dát z obrázkov daktyloskopických odtlačkov prstov použitých pri manuálnom zbere dát.

Nami vyvinutý softvér spracováva obrázok daktyloskopického odtlačku prsta, z ktorého extrahuje markanty a zaznamenáva ich. Po spracovaní odtlačku sa vytvorí dátová štruktúra obsahujúca tieto druhostupňové atribúty odtlačku: súradnice markantov, orientáciu markantov, označenie tvarového typu markantu, relatívne a absolútne početnosti markantov. Softvér zaznamenáva aj prvostupňové vlastnosti, akými sú mapa kvality papilárneho terénu, smerová a frekvenčná mapa papilárneho terénu a kostra odtlačku. Tieto atribúty sú vhodným podkladom na štúdium vlastností odtlačkov prstov a viacrozmernú štatistickú analýzu.

Kľúčovým zistením v tejto fáze bol nesúlad medzi nami vypočítanými frekvenciami dvoch základných typov markantov s frekvenciami rovnakých typov, ku ktorým sa dopracovali autori modelu, ktorý bol prebratý ako numerický štandard. V našom prípade dosahovala vidlica frekvenciu 43,02 % a ukončenie 35,94 %. Autori prezentovali odlišné výsledky. Konkrétne – vidlica má podľa ich výsledkov frekvenciu 22,15 % a ukončenie 56,21 %. Tento fakt možno pripísať buď tomu, že autori použili odlišnú metodiku pri klasifikácii markantov, alebo je to odlišnosť spôsobená tým, že vzorka autorov zahŕňala slovenskú aj

² LIŠKA P. a kol.: Individuální identifikace v daktyloskopii, *Československá kriminalistika*, roč. XV, 1982

³ KRAMÁROVÁ, D., BEŇUŠ, R., MASNICOVÁ, S., NĚMETHOVÁ, Z., ŠPANKOVÁ, M., Dermatologické minúcie slovenskej populácie pre kriminalistickú prax, *Slovenská antropológia*, str. 30 – 36, ISSN 1336-5827

českú populáciu a naša vzorka obsahuje len odtlačky obyvateľov SR. Autori neposkytli bližší opis ich experimentov z pohľadu klasifikácie markantov.

Následne sme vypočítali priemernú hustotu markantov na ploche 1 mm², ktorá dosahovala úroveň 0,19 markantu/mm². Ďalej sme vypočítali pre každý typ markantu pravdepodobnosť, že sa daný typ markantu vyskytne na ľubovoľnom mieste v odtlačku. Logaritmus prevrátenej hodnoty tejto pravdepodobnosti použili autori na vyjadrenie identifikačnej hodnoty každého typu markantu. Takto sme sa dopracovali k tabuľke s identifikačnými hodnotami jednotlivých typov markantov.

Najnižšiu identifikačnú hodnotu dosiahla vidlica, ktorá bola najfrekvencovanejším markantom našej vzorky. V pôvodnom experimente bolo najfrekvencovanejším markantom ukončenie, pozri tabuľku 1.

Typ markantu	p _i		H _i		I _i	
	Naša vzorka	Pôvodná vzorka	Naša vzorka	Pôvodná vzorka	Naša vzorka	Pôvodná vzorka
Ukončenie	0,0683	0,1147	15	9	1,17	0,94
Vidlica	0,0817	0,0452	12	22	1,09	1,34
Fragment (krátka vložená línia)	0,0186	0,0129	54	78	1,73	1,89
Bodka	0,0186	0,0129	54	78	1,73	1,89
Očko	0,0070	0,0043	143	235	2,16	2,37
Prekrytie	0,0063	0,0074	159	135	2,20	2,13
Mostík	0,0016	0,0011	625	908	2,80	2,96
Crossbar (výhybka)	0,0015	0,0070	667	142	2,82	2,15
Protiľahlé vidlice	0,0003	0,0004	3333	2579	3,52	3,41

Tab. 1 – Porovnanie pravdepodobnosti výskytu p_i a identifikačnej hodnoty markantu H_i (I_i) medzi pôvodnou vzorkou a vzorkou slovenskej populácie.

Na určenie prahovej hodnoty potrebnej na individuálnu identifikáciu bolo najskôr treba určiť množinu prvkov, pre ktorú bude daná prahová hodnota určená, čiže N. Vychádzali sme z údajov Slovenského štatistického úradu o počte obyvateľov Slovenskej republiky, počte cudzincov s registrovaným pobytom a počte návštevníkov v ubytovacích zariadeniach cestovného ruchu. K 31. decembru 2013 mala Slovenská republika 5 415 949 obyvateľov⁴ a počet registrových cudzincov bol 72 925⁵. Údaje Štatistického úradu Slovenskej republiky o počte návštevníkov v ubytovacích zariadeniach cestovného ruchu v rokoch 2003 až 2012 v rámci cestovného ruchu na Slovenku sa pohybovali od 3 244 485 do 4 082 645 osôb⁶. Keďže sme nezískali relevantné údaje pre rok 2013, nadhodnotili sme tento údaj na 5 000 000 osôb cestovného ruchu pre Slovensko. N sme následne určili ako súčet obyvateľstva, cudzincov a návštevníkov, ktorý sme vynásobili číslom 10, ktoré reprezentuje počet prstov oboch rúk danej osoby:

$$N = (5\,415\,949 + 72\,925 + 5\,000\,000) * 10 = 104\,888\,740$$

⁴ <http://portal.statistics.sk/showdoc.do?docid=65809>, 27.09.2014, 9.57 h.

⁵ <http://portal.statistics.sk/showdoc.do?docid=31412>, 27.09.2014, 10.06 h

⁶ <http://portal.statistics.sk/showdoc.do?docid=67349>, 27.09.2014, 10.07 h.

Prahovú hodnotu pre individuálnu identifikáciu na Slovensku možno teda stanoviť ako $\log N$, čiže $\log(104\,888\,740) = 8,021$, čo je možné zaokrúhliť na 8!

Vidlica $I_v = 1,09$		Ukončenie $I_u = 1,17$		Bodka $I_b = 1,73$		Očko $I_o = 2,16$		Počet markantov	Identifikačná hodnota stopy
v	ΣI_v	u	ΣI_u	b	ΣI_b	o	ΣI_o	n	ΣI_n
10	10,9	0	0	0	0	0	0	10	10,90
0	0	10	11,7	0	0	0	0	10	11,70
9	9,81	1	1,17	0	0	0	0	10	10,98
1	1,09	9	10,53	0	0	0	0	10	11,62
8	8,72	1	1,17	0	0	0	0	9	9,89
1	1,09	8	9,36	0	0	0	0	9	10,45
7	7,63	1	1,17	0	0	0	0	8	8,80
1	1,09	7	8,19	0	0	0	0	8	9,28
6	6,54	1	1,17	0	0	0	0	7	7,71
1	1,09	6	7,02	0	0	0	0	7	8,11
5	5,45	1	1,17	1	1,73	0	0	7	8,35
1	1,09	5	5,85	1	1,73	0	0	7	8,67
5	5,45	1	1,17	0	0	1	2,16	7	8,78
1	1,09	5	5,85	0	0	1	2,16	7	9,10
3	3,27	1	1,17	2	3,46	0	0	6	7,90
1	1,09	3	3,51	2	3,46	0	0	6	8,06
3	3,27	1	1,17	1	1,73	1	2,16	6	8,33
1	1,09	3	3,51	1	1,73	1	2,16	6	8,49
3	3,27	1	1,17	0	0	2	4,32	6	8,76
1	1,09	3	3,51	0	0	2	4,32	6	8,92
2	2,18	1	1,17	2	3,46	1	2,16	6	8,97
1	1,09	2	2,34	1	1,73	2	4,32	6	9,84
1	1,09	1	1,17	2	3,46	2	4,32	6	10,04
1	1,09	1	1,17	1	1,73	3	6,48	6	10,47
1	1,09	1	1,17	3	3,46	1	2,16	6	7,88

Tab. 2 Príklady celkovej identifikačnej hodnoty stopy pri vybranom počte a kombinácii markantov z hodnôt našej vzorky, $n = v + u + b + o$, $\Sigma I_n = \Sigma I_v + \Sigma I_u + \Sigma I_b + \Sigma I_o$

V tabuľke 2 sa nachádzajú vypočítané celkové identifikačné hodnoty hypotetických daktyloskopických stôp, pre ktoré boli vybrané korelujúce a aj najčastejšie sa vyskytujúce sa typy markantov, ale aj menej časté typy markantov s raritným výskytom. Z tabuľky vyplýva, že aj stopy s nižším počtom markantov, ako je dnes stanovených 10, môžu presiahnuť potrebnú prahovú hodnotu pre potreby individuálnej identifikácie a môžu byť použité na individuálnu identifikáciu. Pôvodne stanovenú prahovú hodnotu 8,7 presiahnu aj stopy s 8 markantmi. A túto hodnotu presiahnu aj stopy so 6 markantmi. To znamená, že podľa nových zistení by na identifikáciu postačoval nižší počet vidlíc, ako to určoval pôvodný model, resp. nižší počet markantov. To by mohlo v niektorých prípadoch viesť k zvýšeniu upotrebitelnosti daktyloskopických stôp prstov zo skupiny tzv. „čiastočne upotrebitelných“, ktoré sa v súčasnosti využívajú len na vylúčenie zhody.

V prípade tohto kvantitatívneho modelu sa na odvodenie vzácnosti jednotlivých typov markantov použila len jedna charakteristika odtlačku – frekvencia výskytu markantov. Ak by sme tento model doplnili o ďalšie charakteristiky, ktoré náš softvér pri spracovaní

zaznamenáva, mohli by sme získať flexibilný pohľad na mieru jedinečnosti každého odtlačku. Takýto postup by bol v súlade s kvalitatívnym prístupom k hodnoteniu odtlačkov prstov, ktorý je uplatňovaný stále viacerými krajinami, a do procesu identifikácie zasahujú detaily všetkých úrovní od globálneho obrazca papilárnych línií až po detaily na úrovni potných pórov.

Pre zaujímavosť, populácia sveta stanovená Eurostatom v roku 2012 bola stanovená na 7 052 000 000 osôb⁷. Ak celosvetovú populáciu vynásobíme 10 a vypočítame N, prahová hodnota pre celosvetovú populáciu by bola stanovená na 10.848, čo môžeme zaokrúhliť na 10,8! Akákoľvek kombinácia 10 akýchkoľvek markantov presiahne túto hodnotu, ak vychádzame z našich poznatkov.

Záver

Po rozdelení Československa si slovenskí experti daktyloskopie neoverili numerický štandard, ktorý bol v danom čase v Československu používaný, a tento štandard prebrali. **Náš výskum možno považovať za vedecké overenie numerického štandardu používaného na Slovensku a v rámci slovenskej populácie**, za použitia tej istej teórie, ktorá bola použitá v 60-tych rokoch minulého storočia a vychádza z neštandardne aplikovanej teórie entropie informácie. Vzhľadom na túto neštandardnosť je nutné naše poznatky ešte ďalej rozpracovať a prípadne navrhnúť vlastný – slovenský štatistický model zohľadňujúci aj informácie, ktoré poskytujú treťostupňové detaily. Taktiež už teraz môžeme konštatovať, že v súlade s doteraz používaným štatistickým modelom a na základe nami zozbieraných dát nám **tento model dáva možnosť, pri výskyte raritnejších markantov, počet markantov potrebných na individuálnu identifikáciu osoby znížiť**, pričom informačná hodnota stopy presiahne požadovanú prahovú hodnotu potrebnú na túto identifikáciu.

Literatúra

- KRAMÁROVÁ, D., BEŇUŠ, R., MASNICOVÁ, S., NÉMETHOVA, Z., ŠPANKOVÁ, M.: Dermatoglyfické minúcie slovenskej populácie pre kriminalistickú prax, *Slovenská antropológia*, str. 30 – 36, Bratislava 2012, ISSN 1336-5827.
- LIŠKA P. a kol.: Individuální identifikace v daktyloskopii, *Československá kriminalistika*, roč. XV, 1982.
- MARÁK, P., HAMBALÍK, A., An Extraction of Extended Minutiae Set From Fingerprint Ridge Patterns, zborník „15th Conference of Doctoral Students ELITECH '13“, Bratislava 2013.
- MARÁK, P., HAMBALÍK, A., Automated Extraction of Fingerprint Features for Purposes of Analysis of Their Attributes, zborník „WSEAS International Conference on Acoustics, Speech and Audio Processing“, Budapešť 2013, ISSN: 1790-5117, ISBN: 978-960-474-350-6.
- NÉMETHOVA, Z., Kvantitatívny verus kvalitatívny prístup pri kriminalistickom skúmaní daktyloskopických stôp, In *Policajná teória a prax*, roč. XVIII, 2/2010, str. 64 – 77, ISSN 1335-1370.
- ŠPANKOVÁ, M., DEŠČÍKOVÁ, Z., NÉMETHOVÁ, Z. a kol., Vývoj a výskum v oblasti mikroskopického skúmania daktyloskopických stôp, zborník „Pokroky v kriminalistice 2012“, Praha 2012, ISBN 978-80-7251-384-0.

⁷ http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/File:World_population_1960-2012.png, 27.09.2014, 10.40

Key words: fingerprints, minutiae, identification.

Summary

After Czechoslovakia's transformation into two independent states, Slovak fingerprint experts did not verify the numeric standard which was used for individual identification in Czechoslovakia and started to use it in Slovakia too. Our research may be regarded as scientific verification of the numeric standard used in Slovakia and for Slovak population, based on the same theory which was used last century for setting this standard. This theory resembles a theory of entropy of the information, but not applied in standard way. Due to this nonstandard application, we need to further develop our numeric standard and eventually design our own – Slovak statistical model based on collected data, including third level details. We are able to conclude that in line with already used statistical model it is possible, in case of rare minutiae, to reduce the number of the minutiae needed for fingerprint identification, while the overall information value of the print exceeds the desired threshold necessary for the individual identification.

pplk. Ing. Zuzana Némethová, PhD.
Kriminalistický a expertízny ústav PZ Bratislava
e-mail: zuzana.nemethova@minv.sk

Ing. Pavol Marák
Ústav informatiky a matematiky, FEI STU
Bratislava
e-mail: pavol.marak@stuba.sk

Ing. Alexander Hamblik
Ústav informatiky a matematiky, FEI STU
Bratislava
e-mail: alexander.hambalik@stuba.sk

Pod'akovanie: Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum excelentnosti bezpečnostného výskumu kód ITMS: 26240120034, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Recenzent: plk. Ing. Ondrej Laciak, PhD.