

DOI: 10.47743/jss-2021-67-4-20

Provocări tehnologice în crearea standardelor pentru analiza amprentelor digitale

Technological Challenges in Creating Standards for Fingerprint Analysis

Ancuța Elena Franț¹

Rezumat: Este cunoscut faptul că analiza amprentelor este o metodă care poate duce la identificarea corectă a unei persoane. Este mai puțin cunoscut faptul că acuratețea acestei metode este pusă în pericol, atunci când se utilizează tehnologia digitală pentru a stoca și a compara informații cu privire la amprente. Utilizarea tehnologiei în analiza amprentelor este foarte importantă, deoarece permite diverse activități care sunt vitale pentru o anchetă penală, de exemplu comparația între o anumită amprentă, găsită la locul crimei, și amprente stocate în baze de date. Cu toate acestea, stocarea amprentelor prin utilizarea inteligenței artificiale nu este o sarcină simplă, deoarece informațiile trebuie protejate de potențiale amenințări. O modalitate simplă de a proteja informațiile referitoare la amprente este de a cripta informațiile, dar aceasta înseamnă că, atunci când informațiile sunt transferate, receptorul trebuie să aibă cheia corespunzătoare pentru a decripta informațiile. Acest lucru duce la necesitatea unui algoritm standard, care trebuie utilizat atât de expeditor, cât și de receptor. Această lucrare analizează provocările creării unui astfel de algoritm standard și evaluează implicațiile standardizării în ceea ce privește utilizarea amprentelor în identificarea criminalistică.

Cuvinte-cheie: amprentă digitală; standardizare; investigație penală; algoritm

Abstract: It is widely known that the analysis of fingerprints is a method which can lead to the correct identification of a person. It is lesser known that the accuracy of this method is endangered, when it comes to using digital technology, in order to store and compare information regarding fingerprints. The use of digital technology in analysing fingerprints is very important, because it enables various activities which are vital for a criminal investigation, for example the comparison between a certain fingerprint, found at crime scene, with the fingerprints which are stored in databases. However, storing fingerprints in a digital form is not a simple task, as the information must be protected from potential threats. A simple way to protect the information regarding fingerprints is to encrypt the information, but this means that, when information is transferred, the receptor must have the appropriate key, in order to decrypt the information. This leads to the necessity of a standard algorithm, which must be used by both the sender and the receiver. This paper

¹ Lector univ. dr., Facultatea de Drept, Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași, e-mail: ancuta.frant@uaic.ro.

analyses the challenges of creating such a standard algorithm and assesses the implications of standardization in fingerprinting.

Keywords: fingerprint; standardization; criminal investigation; algorithm

1. Importanța tehnologiei în utilizarea amprentelor digitale

Folosirea amprentele digitale este, în esență, o latură a biometriei, care reprezintă știința identificării indivizilor pe baza caracteristicilor biologice². Parametrii biometrici care pot fi utilizați pentru identificare sunt multipli și includ: amprentele digitale, geometria mâinii, rețeaua vaselor de sânge subcutanate, trăsăturile feței, irisul, amprenta vocală³.

Analiza amprentelor digitale reprezintă o metodă de identificare criminalistică de mare acuratețe. Utilizarea analizei amprentelor nu se limitează, însă doar la domeniul investigațiilor penale. Fiind o metodă de identificare a persoanelor, amprentele prezintă potențial de utilizare în orice domeniu în care este necesară autentificarea indivizilor, de exemplu pentru a accesa un computer, telefonul mobil, un automat bancar, mașina sau chiar casa. Practic, utilizarea amprentelor asigură o securitate sporită, permițând doar persoanelor autorizate să aibă acces în diferite situații, dintre care cele mai frecvente se referă la utilizarea anumitor bunuri. În demersul de utilizare a amprentelor digitale în diferite domenii, multe dintre ele de natură comercială, este absolut necesară folosirea tehnologiei⁴.

În ceea ce privește analiza amprentelor în scopul identificării criminalistice, tehnologia permite stocarea unui număr foarte mare de amprente și compararea relativ rapidă a unei amprente găsită la fața locului cu amprentele din bazele de date. De asemenea, tehnologia permite desfășurarea cu succes a cooperării între organele de poliție, la nivel național și internațional, în scopul asigurării operativității în acțiunile de combatere și prevenire a criminalității naționale și internaționale. Un exemplu de utilizare cu succes a tehnologiei pentru folosirea amprentelor în anchetele penale îl reprezintă programele de tip AFIS⁵. Practic, fără utilizarea tehnologiei, analiza amprentelor în scop criminalistic s-ar face cu mare dificultate, mai ales în contextul actual al dezvoltării la scară foarte largă a criminalității transfrontaliere; aceasta ar umbri potențialul extraordinar de identificare pe care îl prezintă amprentele digitale.

² A. Jain, R. Bolle, S. Pankanti, *Introduction to Biometrics*, în A. Jain, Bolle R., Pankanti S. (editori), *Biometrics*, Springer, Boston, MA, 1996, pp. 1-41, [Online] la https://doi.org/10.1007/0-306-47044-6_1, accesat 17.11.2021.

³ T. Frater, *Standards for Fingerprint Identification*, [Online] la <http://www.sis.pitt.edu/mbsclass/standards/frater/intro.htm>, accesat 3.12.2021.

⁴ Pentru detalii, a se vedea L. O’Gorman, *An overview of fingerprint verification technologies*, în Information Security Technical Report, Vol. 3, Nr. 1/1998, pp. 21-32, [Online] la [https://doi.org/10.1016/S1363-4127\(98\)80015-0](https://doi.org/10.1016/S1363-4127(98)80015-0), accesat 17.11.2021.

⁵ Pentru detalii, a se vedea A. Jain, S. Pankanti, *Automated Fingerprint Identification and Imaging Systems*, în H. C. Lee, R. E. Gaensslen (editori), *Advances in Fingerprint Technology*, second edition, CRC Press, Boca Raton, 2001, pp. 285-336.

În privința utilizării amprentelor în scopul permiterii accesului la anumite bunuri sau servicii, tehnologia este, de asemenea, indispensabilă. Autentificarea trebuie să se facă rapid și fără asistența unei persoane de specialitate, în situații dintre cele mai diverse. Este suficient să ne gândim doar la utilizarea amprente pentru permiterea accesului la propriul telefon mobil, pentru a înțelege că folosirea amprentelor în scopul autentificării nu ar fi posibilă în absența unei tehnologii care să permită recunoașterea aproape imediată a caracteristicilor biometrice. În afara avantajului rapidității, utilizarea tehnologiei prezintă și avantajul acurateței. Identificarea după amprente presupune, teoretic, găsirea identității între trăsăturile comparate, respectiv evidențierea situațiilor în care nu există identitate⁶. Pentru aceasta, trebuie comparate detalii de mare finețe, iar această operațiune se poate face în mod riguros și rapid cu ajutorul tehnologiei.

În prezent, există un interes crescând pentru aspectele referitoare la utilizarea biometriei, în special deoarece oamenii observă avantajele pe care utilizarea caracteristicilor biometrice le poate avea. De asemenea, interesul este generat și de alți factori, precum scăderea prețului senzorilor și îmbunătățirea tehnologiei utilizate. În paralel, se constată o creștere a conștientizării la scară largă a necesității de a evidenția punctele tari și punctele slabe ale demersului de utilizare a tehnologiei pentru identificarea sau autentificarea cu ajutorul elementelor biometrice⁷. Avantajele utilizării biometriei prin intermediul tehnologiei sunt evidente, dar nu trebuie să pierdem din vedere faptul că o simplă eroare în funcționarea tehnologiei ne poate face extrem de vulnerabili și poate compromite siguranța la care aspirăm tocmai prin utilizarea tehnologiei în analiza parametrilor biometrici.

Ampretele digitale reprezintă prima categorie de parametri biometrici pentru analiza cărora s-a folosit tehnologia computerizată. La începutul anilor '60 ai secolului XX, crearea componentelor de hardware capabile să proceseze suficient de bine imaginea amprentelor a făcut posibilă analiza computerizată a amprentelor. În anii '80 ai secolului XX, dezvoltarea tehnologiei calculatoarelor personale și dezvoltarea scannerelor optice au permis utilizarea identificării prin amprente și în alte domenii decât cel al investigațiilor penale. Procentul mare de utilizare a amprentelor digitale pentru identificare și autentificare este dat de faptul că metoda este relativ ușor de folosit, este relativ ieftină și prezintă grad mare de acuratețe, atât în investigațiile penale, cât și în asigurarea securității în diferite activități cotidiene. În plus, metoda nu este invazivă⁸.

⁶ Vom vedea, mai jos, că prin utilizarea tehnologiei în analiza amprentelor este dificil de obținut concluzia identității, la modul absolut.

⁷ A. Jain et al., *Introduction to Biometrics*, op. cit.

⁸ L. O'Gorman, *Fingerprint Verification*, în A. Jain, R. Bolle, S. Pankanti (editori), *Biometrics. Personal Identification in Networked Society*, Springer, Boston, MA, 1996, pp. 43-44, [Online] la https://doi.org/10.1007/0-306-47044-6_2, accesat 17.11.2021; T. Frater, op. cit.

2. Scurt istoric al utilizării amprentelor în identificarea persoanelor

În demersul nostru de a analiza provocările tehnologice care apar în utilizarea amprentelor digitale, considerăm că este important să realizăm un scurt istoric al utilizării amprentelor ca modalitate de identificare a persoanelor. Motivul este dat de faptul că, dintre toate caracteristicile biometrice, amprente sunt cele care au fost utilizate pentru cea mai mare perioadă de timp, perioadă în care au demonstrat din plin utilitatea lor.

Dovezile arheologice sugerează că utilizarea amprentelor pentru a identifica o anumită persoană probabil se practica în anii 6000-7000 î.e.n., de exemplu de către asirieni, chinezi și locuitorii orașului Ierihon. Unele documente emise în societatea chineză erau sigilate cu un sigiliu din argilă, pe care emitentul își lăsa amprenta degetului mare. Pe unele cărămizi ale caselor din Ierihon au fost găsite perechi de amprente ale degetelor mari, aparținând, probabil, celui care făcuse cărămizile. Unele piese din ceramică datând din acea perioadă conțin amprente. Desigur, în prezent nu putem ști exact care era scopul utilizării amprentelor⁹. Amprente care, din modul în care au fost poziționate, arată în mod clar faptul că au fost lăsate intenționat, cum sunt cele de pe sigilii, ilustrează faptul că era recunoscută valoarea lor identificatoare. În ceea ce privește amprente de pe obiectele create cu ajutorul mâinilor (cum sunt obiectele de ceramică sau cărămizile), acestea, în mod firesc, pot conține amprente imprimare în timpul procesului de fabricație. Astfel de amprente „neintenționate” pot apărea în locuri diverse și de multe ori sunt amprente parțiale. Dacă, însă, amprente de pe astfel de obiecte sunt totale și se găsesc într-un anumit loc (de exemplu, pe partea bazală a vaselor din ceramică), ele pot ilustra faptul că s-a dorit în mod intenționat lăsarea amprentei; în astfel de cazuri, amprenta poate fi interpretată ca o veritabilă „semnătură” a meșterului, deci având valoare identificatoare.

În 1686 Marcello Malpighi, profesor de anatomie la Universitatea din Bologna, realizează un studiu asupra desenului de pe degete și observă faptul că acesta conține creste, spirale și curbe. În 1923, Joannes Evangelista Purkinje, profesor de anatomie la Universitatea Breslau, a publicat o lucrare în care descrie nouă tipuri de modele ale amprentelor¹⁰. Niciunul dintre cei doi oameni de știință menționați nu a făcut vreo referire la valoarea identificatoare a amprentelor, dar observațiile lor au încurajat cercetări ulterioare cu privire la amprente, inclusiv cu privire la posibilitatea de a utiliza amprente pentru a identifica indivizii¹¹.

⁹ R. Allen, P. Sankar, S. Prabhakar, *Fingerprint Identification Technology*, în J. Wayman, A. Jain, D. Maltoni, D. Maio (editori), *Biometric Systems*, Springer, London, 2005, p. 21, [Online] la https://doi.org/10.1007/1-84628-064-8_2, accesat 20.11.2021.

¹⁰ J. Berry, D. A. Stoney, *History and Development of Fingerprinting*, în H. C. Lee, R. E. Gaensslen (editori), *Advances in Fingerprint Technology*, second edition, CRC Press, Boca Raton, 2001, p. 32.

¹¹ R. Allen *et al.*, *op. cit.*, p. 21.

Un moment de cotitură în privința utilizării amprentelor pentru identificare este reprezentat de descoperirea pe care a făcut-o Sir William Herschel. Acesta a fost un magistrat britanic, care, în timpul activității sale din Jungipoor, India, a utilizat, pentru identificarea persoanelor care erau părți în diferite contracte, impresiunile întregii fețe palmare a mâinilor acestora. Se pare că metoda, utilizată începând cu 1856, a fost inspirată de superstițiile populației indigene. Analizând impresiunile mâinilor de la un număr mare de persoane, Herschel a realizat faptul că amprentele degetelor nu se repetau, desprinzând, astfel, concluzia că erau unice. Pentru a demonstra o altă caracteristică a amprentelor, fixitatea, Herschel și-a monitorizat impresiunile propriilor degete, de-a lungul vieții¹².

În anii '70 ai secolului XIX, Dr. Henry Faulds, un chirurg britanic ce activa în Japonia, a descoperit urme de degete pe ceramică veche și, studiind aceste amprente, a conștientizat potențialul lor în identificarea persoanelor. Faulds a dezvoltat o metodă de a clasifica modelele formate de dispunerea creștelor de degete. În 1880, Faulds a adus la cunoștința lui Charles Darwin descoperirile sale cu privire la amprente, iar acesta le-a trimis vărului său, Sir Francis Galton¹³.

În 1892, în urma unui studiu sistematic privind valoarea identificatoare a amprentelor, Sir Francis Galton a publicat prima carte despre potențialul individualizator al amprentelor, intitulată „Fingerprints”. Galton a adus dovezi științifice la ceea ce Herschel și Faulds bănuiseră, și anume că amprentele sunt unice și rămân neschimbate de-a lungul vieții. Calculele lui Galton arătau că probabilitatea ca două amprente să fie identice este de 1 la 64 de miliarde. Sistemul de clasificare a amprentelor dezvoltat de Sir Francis Galton stă la baza sistemului care este folosit pe scară largă și în prezent¹⁴.

În 1892, Juan Vucetich, un ofițer de poliție din Argentina, a realizat prima identificare a autorului unei crime prin analiza amprente digitale a acestuia, pe baza urmei unui deget murdar de sânge¹⁵.

În 1897, Sir Edward Henry, un ofițer de poliție britanic din India, pe baza studiilor lui Sir Francis Galton, a realizat un sistem de clasificare a amprentelor care a fost adoptat de Scotland Yard în 1901 și este în continuare folosit pe scară largă¹⁶.

În prezentarea momentelor cruciale pentru conștientizarea valorii identificatoare a amprentelor nu putem să nu facem referire și la activitatea lui Alphonse Bertillon, care a lucrat în cadrul poliției din Paris și care, începând cu anul 1800, a dezvoltat sistemul de antropometrie. Sistemul antropometric presupunea măsurarea a diferiți parametri corporali (dimensiunea craniului, înălțime, greutate, lungimea brațelor, a picioarelor, a degetului arătător etc.), despre care se credea că, luați în considerare în ansamblul lor, aveau potențial ridicat de individualizare. Bertillon calculase că probabilitatea ca două persoane să prezinte aceleași dimensiuni la aceiași parametri era de 1 la 4 milioane. Acest sistem a fost

¹² *Ibidem.*

¹³ *Idem*, p. 22.

¹⁴ *Ibidem.*

¹⁵ *Ibidem.*

¹⁶ *Ibidem.*

folosit la clasificarea persoanelor condamnate și la identificarea recidiviștilor. Totuși, sistemul dezvoltat de Alphonse Bertillon s-a dovedit a nu fi atât de precis pe cât se credea. De exemplu, s-a descoperit că doi prizonieri, ambii numiți William West, aveau aproape aceleași dimensiuni ale parametrilor antropometrici¹⁷. Situațiile de acest gen, precum și dificultatea de a folosi sistemul propus de Bertillon, a dus la scăderea treptată a gradului de utilizare a sistemului antropometric de către poliție. În anul 1915, doar țara natală a lui Bertillon, Franța, mai utiliza acest sistem, dar, în cele din urmă, și Franța a renunțat la el. Pentru a înlocui sistemul antropometric, au fost căutate metode cu o mai mare acuratețe și mai ușor de folosit, ceea ce a creat condițiile pentru folosirea la scară din ce în ce mai mare a sistemului de identificare bazat pe amprente¹⁸. Oricum, trebuie menționat faptul că Alphonse Bertillon a adus o contribuție importantă și în ceea ce privește utilizarea amprentelor, de exemplu observația sa că 12-15 puncte coincidente sunt suficiente pentru a desprinde concluzia identității¹⁹.

3. Tipuri de verificare a amprentelor prin utilizarea tehnologiei

Identificarea cu ajutorul amprentelor prin utilizarea tehnologiei presupune desfășurarea anterioară a unei operațiuni de verificare. Această verificare prezintă o serie de particularități, în funcție de scopul pentru care este utilizată amprenta²⁰.

Verificarea efectuată cu scopul de a permite unei persoane accesul la utilizarea unui bun sau la o anumită facilitate se numește potrivire unu-la-unu. În acest caz, verificarea presupune compararea unei amprente cu o amprentă care este deja înregistrată în sistem. În vederea verificării, o persoană trebuie, mai întâi, să-și înregistreze amprenta în sistemul care este utilizat. Imaginea acelei amprente înregistrate este stocată în sistem, în format comprimat, iar apoi amprenta utilizatorului este comparată cu acea imagine²¹.

Verificarea efectuată cu scopul identificării criminalistice se numește unu-la-mai-multe. În acest caz, imaginea unei amprente provenind de la o persoană necunoscută este comparată cu imaginile dintr-o bază de date ale amprentelor aparținând unor persoane cu identitate cunoscută²².

Există și un al treilea tip, informal, de verificare, numit unu-la-câteva, care se aplică în situația în care un sistem de acces pe bază de amprentă este utilizat de

¹⁷ *Idem*, p. 21.

¹⁸ R. B. Fosdick, *Passing of the Bertillon System of Identification*, în *Journal of Criminal Law and Criminology*, Vol. 6, Nr. 3/1915, pp. 363-369, [Online] la <https://scholarlycommons.law.northwestern.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1374&context=jclc>, accesat 22.11.2021,

¹⁹ A. Bertillon, *Notes et observations médico-légales. Les empreintes digitales*, în *Archives d'anthropologie criminelle de médecine légale et de psychologie normale et pathologique*, Vol. 27/1912, p. 52, [Online] la <https://criminocorpus.org/en/ref/114/20706/>, accesat 22.11.2021,.

²⁰ L. O'Gorman, *Fingerprint Verification*, *op. cit.*, p. 45.

²¹ *Ibidem*.

²² *Ibidem*.

un număr redus de persoane, de exemplu atunci când membrii unei familii folosesc un sistem bazat pe amprente pentru a intra în casă²³.

4. Procedura identificării prin analiza amprentei, cu ajutorul tehnologiei

Primul pas în realizarea identificării cu ajutorul amprentelor, prin utilizarea tehnologiei, este realizarea unei imagini a amprentei. Ulterior, are loc procesarea imaginii, al cărei scop este de a se obține cea mai bună imagine posibilă, pentru a avea un rezultat corect după verificare²⁴.

În esență, procedura de identificare cu ajutorul amprentei trebuie să parcurgă următoarele etape: reducerea neclarității și îmbunătățirea imaginii, detectarea (sau *extragerea*) caracteristicilor și verificarea potrivirii. În continuare, vom prezenta detalii privind aceste etape.

4.1. Reducerea neclarității și îmbunătățirea imaginii

Imaginea unei amprente este, de regulă, neclară, în special datorită faptului că degetele sunt de cele mai multe ori acoperite cu diferite substanțe, precum murdărie, transpirație, sebum etc. Acest pas urmărește, în primul rând, sporirea contrastului dintre creste și șanțuri. Pentru obținerea acestui rezultat, se utilizează filtrele adaptive potrivite și pragurile adaptive²⁵.

O trăsătură a desenului papilar care se dovedește a fi utilă în procesarea imaginii amprentei este așa-numita „redundanță” a crestelor paralele, care poate fi folosită pentru a crea un filtru adaptiv potrivit. Acest filtru se aplică fiecărui pixel al imaginii. Pe baza orientării locale a crestelor în jurul fiecărui pixel, se aplică filtrul adaptiv pentru a evidenția crestele orientate în aceeași direcție, în același timp estompând tot ceea ce are o orientare diferită. De exemplu, particulele de murdărie care „îmbâcșesc” amprenta pot uni două creste învecinate, dar aceste particule, fiind perpendiculare pe aceste creste, au o direcție diferită, deci vor fi identificate drept elemente care nu fac parte din imaginea amprentei propriu-zise. Identificarea se face cu ajutorul filtrului adaptiv, care are în vedere cursul firesc al crestelor²⁶.

Ulterior, are loc binarizarea, adică separarea crestelor de fundal. Acest proces facilitează desfășurarea pașilor următori de analiză a amprentei. Practic, în timpul operațiunii de binarizare, are loc transformarea unei imagini care, inițial, este în tonuri de gri, într-o imagine binară. Operațiunea de binarizare este destul de dificilă, deoarece nu toate imaginile amprentelor au aceleași specificații privind contrastul, ceea ce înseamnă că nu se poate alege același prag de intensitate. Mai mult, contrastul poate varia chiar în cadrul aceleiași imagini, de exemplu dacă presiunea cu care a fost creată urma de deget a fost mai mare în mijlocul desenului

²³ *Ibidem.*

²⁴ *Ibidem.*

²⁵ *Idem*, p. 47.

²⁶ *Idem*, pp. 47-48.

papilar. Pentru a depăși această dificultate, este utilizat un procedeu numit prag adaptiv local²⁷.

În continuare, are loc procesul de subțiere a creștelor, care reduce grosimea creștelor, chiar până la 1 pixel. Această operațiune ușurează detectarea unor detalii ale amprenteii, precum sfârșitul de creastă și bifurcația²⁸.

Procedura de reducere a neclarității și de îmbunătățire a imaginii necesită un interval de timp destul de îndelungat. Din acest motiv, unele sisteme de analiză a amprentelor sunt create astfel încât să se desfășoare cât mai repede această etapă, dar o astfel de abordare poate compromite rezultatul final. Desfășurarea tuturor operațiunilor subsecvente depinde de calitatea imaginii, așa cum este ea obținută în această etapă. Din acest motiv, se recomandă ca sistemele de analiză a amprentelor să nu sacrifice calitatea rezultatului final, de dragul desfășurării cât mai rapide a procesului de identificare²⁹.

4.2. Detectarea caracteristicilor

Detectarea caracteristicilor este relativ ușor de realizat, după ce imaginea a fost procesată în etapa anterioară. De regulă, chiar dacă mai există erori, în sensul că apar detalii „false”, ele pot fi detectate prin utilizarea pragurilor determinate empiric. De exemplu, dacă se constată două capetele de creastă care sunt foarte apropiate unul de celălalt, se consideră că acestea fac parte din aceeași creastă, iar discontinuitatea a apărut, probabil, datorită unei cicatrici sau datorită faptului că degetul era uscat când a fost creată amprenta. În urma procedurii de detectare a caracteristicilor se obține *minutia template*, adică un model al detaliilor și al locului ocupat de acestea. De regulă, în această etapă sunt detectate 10 până la 100 de detalii, în funcție de diferiți factori, de exemplu în funcție de calitatea imaginii inițiale³⁰.

4.3. Verificarea potrivirii

În această etapă are loc compararea amprenteii analizate cu o amprentă care este deja înregistrată în sistem. În principiu, verificarea presupune compararea vecinătăților detaliilor apropiate, căutându-se indicii de similaritate³¹. Dacă, în urma comparării, apar doar foarte mici diferențe, atunci concluzia va fi cea de *potrivire* a vecinătăților. Această procedură de comparare se face exhaustiv pentru

²⁷ *Idem*, p. 48.

²⁸ *Ibidem*.

²⁹ *Ibidem*.

³⁰ *Idem*, p. 50.

³¹ Precizăm că am folosit intenționat cuvântul „similaritate” și nu cuvântul „identitate”. Aceasta, deoarece va exista rar o potrivire exactă a vecinătăților, din două motive: neclaritatea amprenteii, care provine din faptul că degetul este, de regulă, îmbâcsit cu diverse substanțe; caracteristicile pielii, care este un țesut elastic, ceea ce înseamnă că vor exista frecvent mici variații în aspectul și dispunerea detaliilor. A se vedea L. O’Gorman, *Fingerprint Verification, op. cit.*, p. 50.

toate combinațiile de vecinătăți și, dacă există suficiente similarități, atunci concluzia privind întreaga amprentă va fi de potrivire³².

În urma operațiunii de verificare se formulează o concluzie privind gradul de potrivire, concluzie care, de regulă, se exprimă sub forma unui număr de la 0 la 1 sau de la 10 la 100. Rezultatul obținut se compară cu un prag predeterminat. Dacă rezultatul este mai mare decât pragul, concluzia generală va fi de potrivire, iar dacă rezultatul este mai mic decât pragul, concluzia va fi de nepotrivire. Dacă pragul este stabilit la o valoare mai mare, atunci va crește probabilitatea de a obține potriviri corecte, dar va exista un risc mai mare de a obține respingeri false. Dacă pragul este stabilit la o valoare mai mică, atunci va scădea riscul de a obține respingeri false, dar crește riscul de potriviri false. În cazul sistemelor de verificare a amprentelor pentru uz comercial, valoarea pragului va fi stabilită, de regulă, de către structura care pune sistemul la dispoziția utilizatorilor³³.

5. Particularități ale utilizării tehnologiei pentru analiza amprentelor în Criminalistică

Pentru analiza amprentelor în cadrul unei investigații criminalistice, de multe ori trebuie realizată o comparare a unei amprente cu amprente existente într-o bază de date, care poate conține câteva zeci de milioane de imagini de amprente. Compararea unei amprente ridicate de la fața locului cu absolut toate amprentele dintr-o bază de date ar necesita alocarea unui interval foarte mare de timp, ceea ce ar încetini desfășurarea anchetei. Din acest motiv, utilizarea tehnologiei pentru analiza amprentelor în scop criminalistic presupune, de regulă, două etape. În prima etapă, se stabilește categoria din care face parte amprenta care urmează a fi analizată. În a doua etapă, se compară detaliile de pe amprenta analizată și cele de pe amprente din baza de date care fac parte din aceeași categorie cu amprenta analizată³⁴.

6. Concluzii privind provocările tehnologice în crearea standardelor pentru analiza amprentelor digitale

Așa cum am văzut în cele expuse mai sus, tehnologia este absolut necesară în demersul de utilizare a amprentelor, atât în scopul identificării în cadrul investigațiilor penale, cât și în scopul autentificării pentru permiterea accesului, în diverse situații. În același timp, aspectele prezentate evidențiază complexitatea tehnologiei utilizate în analiza amprentelor și vulnerabilitățile care pot apărea. Am arătat că, în urma utilizării tehnologiei pentru identificarea unei persoane cu ajutorul amprente, maximul care se poate obține nu este o certitudine a identității, ci doar o *potrivire optimă*, bazată pe o similaritate foarte mare. Am văzut că, pentru

³² L. O’Gorman, *Fingerprint Verification*, op. cit., pp. 50-51.

³³ *Idem*, p. 51.

³⁴ *Ibidem*.

obținerea unui răspuns, trebuie setat de către factorul uman un anumit prag, a cărui valoare poate influența semnificativ rezultatul.

În acest context, apare ca necesară standardizarea tehnologiei de utilizare a amprentelor, mai ales ținând cont de faptul că necesitatea verificării amprentelor poate apărea nu doar punctual, într-o situație dată, ci în situații variate, pe plan național și internațional.

De exemplu, schimbul de informații privind amprentele în cadrul cooperării penale internaționale trebuie să se bazeze pe o compatibilitate foarte bună a sistemelor tehnologice folosite pentru transmiterea, respectiv receptarea informației. Dacă algoritmi de criptare a informației transmise nu se potrivesc cu algoritmi de decriptare pe care îi deține receptorul, atunci, practic, nu se poate face transferul de informații. Dacă imaginea inițială a amprenteii încărcată în sistem nu este de bună calitate, de asemenea, se poate compromite rezultatul, deci ar fi nevoie și de un standard al imaginilor încărcate.

Un alt exemplu poate fi dat din domeniul autorizării accesului la utilizarea unui automat bancar (ATM) prin analiza amprenteii³⁵. În lipsa unui standard, în funcție de tehnologia utilizată și în funcție de pragul de potrivire ales, unele bancomate ar putea să permită rapid accesul, altele ar putea avea o rată mare de falsă respingere, această din urmă situație ducând la nemulțumire în rândul utilizatorilor.

Aspectele prezentate ilustrează faptul că este necesar a se crea noi standarde, pe măsură ce crește gradul de utilizare a tehnologiei pentru analiza amprentelor. Însă este dificil de impus standarde în acest domeniu, cu atât mai mult cu cât unele standarde ar trebui adoptate la nivel internațional. În crearea standardelor, particularitățile de ordin tehnologic joacă un rol foarte important. De asemenea, scopul pentru care este utilizată o anumită tehnologie de recunoaștere a amprenteii are un rol major. În acest context, credem că trebuie acordată atenție armonizării tuturor elementelor în discuție, astfel încât identificarea persoanelor prin intermediul amprentelor să aibă o rată cât mai mare de reușită și să se elimine neclaritățile care, încă, mai există în acest domeniu.

Referințe

- Allen R., Sankar P., Prabhakar S., *Fingerprint Identification Technology*, în Wayman J., Jain A., Maltoni D., Maio D. (editori), *Biometric Systems*, Springer, London, 2005, pp. 22-61, https://doi.org/10.1007/1-84628-064-8_2
- Berry J., Stoney D. A., *History and Development of Fingerprinting*, în Lee H. C., Gaensslen R. E. (editori), *Advances in Fingerprint Technology*, second edition, CRC Press, Boca Raton, 2001, pp. 14-53
- Bertillon A., *Notes et observations médico-légales. Les empreintes digitales*, în Archives d'anthropologie criminelle de médecine légale et de psychologie normale et pathologique, Vol. 27/1912, pp. 36-52

³⁵ Pentru detalii, a se vedea T. Sangeetha, M. Kumaraguru, S. Akshay, M. Kanishka, *Biometric Based Fingerprint Verification System for ATM Machines*, în Journal of Physics: Conference Series, 1916, 2021, 012033, [Online] la <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1916/1/012033>, accesat 29.11.2021.

- Fosdick R. B., *Passing of the Bertillon System of Identification*, în *Journal of Criminal Law and Criminology*, Vol. 6, Nr. 3/1915, pp. 363-369
- Frater T., *Standards for Fingerprint Identification*, [Online]
- Jain A., Bolle R., Pankanti S., *Introduction to Biometrics*, în Jain A., Bolle R., Pankanti S. (editori), *Biometrics*, Springer, Boston, MA, 1996, pp. 1-41, https://doi.org/10.1007/0-306-47044-6_1
- Jain A., Pankanti S., *Automated Fingerprint Identification and Imaging Systems*, în Lee H. C., Gaensslen R. E. (editori), *Advances in Fingerprint Technology*, second edition, CRC Press, Boca Raton, 2001, pp. 285-336
- O’Gorman L., *An overview of fingerprint verification technologies*, în *Information Security Technical Report*, Vol. 3, Nr. 1/1998, pp. 21-32, [https://doi.org/10.1016/S1363-4127\(98\)80015-0](https://doi.org/10.1016/S1363-4127(98)80015-0)
- O’Gorman L., *Fingerprint Verification*, în Jain A., Bolle R., Pankanti S. (editori), *Biometrics. Personal Identification in Networked Society*, Springer, Boston, MA, 1996, pp. 43-64, https://doi.org/10.1007/0-306-47044-6_2
- Sangeetha T., Kumaraguru M., Akshay S., Kanishka M., *Biometric Based Fingerprint Verification System for ATM Machines*, în *Journal of Physics: Conference Series* 1916, 2021, 012033, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1916/1/012033>

