

Sistemų inžinerija, kompiuterių technologija T 120

BIOMETRINIAI POŽYMIAI ASMENS ATPAŽINIMO SISTEMOSE

Edgaras Ivanovas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: edgaras.ivanovas@el.vgtu.lt

Santrauka. Šiuo metu daug dėmesio skiriama tiksliam žmogaus tapatybės nustatymui, ypač pagal asmeninius bruožus, kurių žmogus neturi atsiminti, negali pamesti. Kuriamos biometrinės asmens atpažinimo sistemos taikomos daugelyje sričių nuo asmens identifikavimo kertant šalies sieną iki šaunamojo ginklo, leidžiant juo naudotis tik asmeniui, kuriam jis buvo išduotas. Straipsnyje apžvelgiami asmens biometriniai bruožai ir jų savybės, lemiančios sėkmingą jų pritaikymą asmeniui atpažinti. Tirta, kaip naudojamų bruožų savybės įtakoja biometrinių sistemų atpažinimo tikslumą ir patogumą vartotojui bei mokslinių straipsnių skaičių. Pastebėta, jog didelio tikslumo atpažinimo sistemoms naudojamas bruožas turi būti skiriantis ir nuolatinis, o mažesnio – priimtinas vartotojui ir lengvai išmatuojamas. Nustatyta, kad bruožų savybės beveik neįtakoja publikacijų skaičiaus, aptarti kiti faktoriai, galintys įtakoti tyrimų apimtį. Nagrinėjamas paimto biometrinio mėginio transformavimo į požymius reikalingumas. Aptariami plačiausiai naudojami biometrinio mėginių požymiai ir jų savybės bei įtaka sistemos atpažinimo tikslumui bei veikimo greičiui.

Reikšminiai žodžiai: biometrija, bruožai, požymiai, atpažinimas.

Įvadas

Asmens atpažinimas naudojant jo kūno charakteristiką nėra nauja idėja. Dar XIX amžiuje biometriniai bruožai, tokie kaip asmens galvos ir kūno matavimai bei randai, apgamai ar kitos skiriamosios žymės taikyti nusikaltėliams identifikuoti. Seniai taikoma kriminalistikoje biometrinių asmens atpažinimą ne pagal tai, ką žmogus turi ar žino (slaptažodį, raktą, kortelę ar jų rinkinį), o pagal tai, į ką jis panašus, sparčiai stengiamasi automatizuoti. Kuriant automatinės biometrinės asmens atpažinimo sistemas iškyla šios problemos: kokį biometrinių asmens bruožą verta naudoti atpažinimui, kokiomis savybėmis jis turi pasižymėti ir kaip padaryti, kad sistema veiktų kuo tiksliau ir būtų patogi naudoti tiek profesionalui, tiek eiliniam vartotojui.

Atlikto tyrimo tikslas – susipažinti su automatinėse atpažinimo sistemose naudojamais žmogaus biometriniais bruožais ir jų požymiais, išsiaiškinti, kokios savybės lemia jų parinkimą sistemą įgyvendinant.

Šiame straipsnyje aptarsime, ką vadiname biometrine atpažinimo sistema, biometriniu asmens bruožu, kokiomis savybėmis bruožas turi pasižymėti ir kuo asmens bruožo savybės svarbios sėkmingam sistemos veikimui. Tirsime kokios savybės ir kiti faktoriai lemia šiandieninį mokslininkų susidomėjimą konkrečiu biometriniu asmens bruožu ir juo paremtų sistemų tyrimų apimtį. Taip pat aiškinsimės, kas yra biometriniai asmens bruožų požymiai, kam jie reikalingi bei kokiomis savybėmis turi pasižymėti.

Asmens atpažinimo sistemos

Nuo seniausių laikų žmogus, norėdamas naudotis kažkokiomis privilegijomis, kitiems turėjo įrodyti savo tapatybę. Dabartiniame technologijų amžiuje mes savo tapatybę dažnai turime įrodyti mašinoms. Tam turime nešiotis pluoštą magnetinių kortelių, turėti kodų generatorius, prisiminti dešimtis slaptažodžių ir panašiai, kas tikrai nėra nei saugu, nei patogiu.

Dar praėjusiame šimtmetyje pasirodė pirmosios visiškai automatinės sistemos, galinčios atpažinti asmenį pamatuodamos kokį nors jo kūno bruožą. Dėl tokio veikimo principo šios atpažinimo sistemos buvo pavadintos biometrinėmis (*bio* – sudurtinių žodžių pirmoji dalis, reiškė atitinka žodį „biologinis“; *metrija* – antroji sudurtinių žodžių dalis, rodanti sąsają su matavimu (Kvietkauskas 1985)).

Biometriniu asmens bruožu vadinama fiziologinė (pvz. akies rainelės, piršto pagalvėlės raštas, ar delno venų išsidėstymas) arba elgsenos (pvz. balsas, eisena) charakteristika, kurią nuskaitant gaunamas biometrinis bruožo pavyzdys.

Gautas biometrinio bruožo pavyzdys taikomas požymiams (pvz. piršto antspaudo rievelių pradžių koordinatėms) arba jų rinkiniui išgauti. Sistema, lygindama į duomenų bazę įrašytus požymių rinkinius su gautaisiais, priima sprendimą apie asmens tapatybę. Siekiant, kad priimtas sprendimas būtų teisingas, biometriniai bruožai ir tų bruožų požymių rinkiniai turi turėti tam tikras savybes.

Biometriniai asmens bruožai

Automatinės biometrinės atpažinimo sistemos veikimas turi būti greitas ir tikslus. Norint tai garantuoti, sistema turi naudotis asmens fiziologiniais arba elgsenos bruožais pasižyminčiais šiomis esminėmis savybėmis:

- *Skiriamas*. Pasirinkto asmens bruožo pavyzdžiai turi būti kuo mažiau panašūs į bet kurio kito asmens pavyzdžius.
- *Universalus*. Kiekvienas į sistemą įtraukiamas žmogus turi turėti tą bruožą. Jei asmuo šio bruožo neturės, jo atpažinimas bus neįmanomas, pvz., randai yra labai *skiriantys*, tačiau ne visi juos turi.
- *Nuolatinis*. Asmens bruožas turi kuo mažiau priklausyti nuo laiko, kitu atveju po kažkurio laikotarpio sistema asmens nebeatpažins.
- *Išmatuojamas*. Bruožą turi būti galima kiekybiškai išmatuoti ir išsaugoti, kad vėliau būtų galima palyginti gautą pavyzdį su kitais.
- *Panaudojamas*. Bruožo pavyzdžių palyginimo kaina įvertinant reikiamą tikslumą, greitį ir reikiamus resursus, turi būti priimtina gamintojui.
- *Priimtinus*. Ši savybė kiek siejasi su panaudojamumu, tačiau čia vertinama iš vartotojo pusės, t. y., ar patogus naudoti.
- *Nesuklastojamas*. Apsimetėliui ar įsilaužėliui turi būti pakankamai sudėtinga suklastoti kito asmens bruožą.

1 lentelėje pateikiami duomenys apie taikomų žmogaus fiziologinių ir elgsenos bruožų savybes (Jain *et al.* 2004) ir susietų publikacijų IEEE duomenų bazėje skaičių (IEEE Xplore Digital Library 2009). Ženkilai „+“, „++“ ir „+++“ rodo požymio savybės išreikštumą: atitinkamai silpną, vidutinišką ir smarkų. Natūralu galvoti, jog bruožai, labiausiai pasižymintys tomis savybėmis, yra laikomi perspektyviausiais panaudojimui automatinėse atpažinimo sistemose. Dėl šios priežasties 1 lentelėje duomenys surikiuoti pagal bendrą įvertinimą. Deja, mokslininkų susidomėjimas tam tikrais bruožais turi nedaug bendro su suminiu savybių reikšmingumu. Jei populiariais laikytume tuos, kurie nagrinėjami bent 250 moksliniuose straipsniuose, tai veido, balso ir parašo bruožai yra vieni iš silpniausiai pasižyminčių savybėmis. Matyti, kad visi šie bruožai pasižymi dideliu išmatuojamumu ir priimtumu bei yra įprastai naudojami žmogaus atpažįstant asmenis. Vis dėlto, šie bruožai nėra pakankamai skiriantys ir nuolatiniai, todėl plataus masto ir didelio tikslumo reikalaujančioms asmens atpažinimo sistemoms tenka naudoti kitus. Šioje srityje sėkmingai taikomi akies rainelės ir pirštų antspaudo bruožai, kurie yra skiriantys ir nuolatiniai, tačiau nėra labai priimtini. Geriausio biometrinio bruožo nėra, todėl vieno ar kito bruožo panaudojimas remiantis Delac ir Grgic (2004) priklauso nuo taikymo srities. Biometrinės atpažinimo sistemas galima suskirstyti į dvi klases: didelio tikslumo (bruožas turi būti skiriantis ir nuolatinis) bei nedidelio tikslumo (bruožas turi būti priimtinas vartotojui ir lengvai išmatuojamas).

1 lentelė. Biometrinių bruožų pasižymėjimo savybėmis suvestinė

Table 1. Summary of features related to biometric characteristics

Žmogaus biometrinis bruožas	Bruožo savybės (Jain <i>et al.</i> 2004)							Bendras bruožo pasižymėjimas savybėmis	Publikacijų skaičius
	Universalus	Skiriamas	Nuolatinis	Išmatuojamas	Panaudojamas	Priimtinus	Nesuklastojamas		
Akies rainelė	+++	+++	+++	++	+++	+	+++	18	433
Veido termograma	+++	+++	+	+++	++	+++	+++	18	46
Delno antspaudas	++	+++	+++	++	+++	++	++	17	137
DNR	+++	+++	+++	+	+++	+	+++	17	13
Piršto antspaudas	++	+++	+++	++	+++	++	++	17	680
Akies tinklainė	+++	+++	++	+	+++	+	+++	16	18
Ausis	++	++	+++	++	++	+++	++	16	76
Delno geometrija	++	++	++	+++	++	++	++	15	120
Delno venos	++	++	++	++	++	++	+++	15	9
Veidas	+++	+	++	+++	+	+++	+	14	1310
Eisena	++	+	+	+++	+	+++	++	13	216
Balsas	++	+	+	++	+	+++	+	11	252
Parašas	+	+	+	+++	+	+++	+	11	299
Teksto rinkimas	+	+	+	++	+	++	++	10	46

IEEE duomenų bazėje daugiausia straipsnių biometrinų bruožu tema yra susiję su asmens veidu (IEEE Xplore Digital Library 2009). Tai paaiškinti galima tuo, kad atpažinimas pagal veidą, toks įprastas ir kasdieniškas žmonėms, turi daug privalumų: nebrangus, potencialiai galimas iš didelio atstumo ir nereikalaujantis iš atpažįstamo asmens specialių veiksmų. Vis dėlto, minėtiems potencialiems privalumams įgyvendinti dar reikia išspręsti daug problemų tokių kaip: nustatyti ar veidas iš vis yra analizuojamame vaizde, lokalizuoti esamus veidus, pašalinti skirtingo apšvietimo įnešamus iškraipymus, atpažinti iš bet kokios veido pozos, skirtingo atstumo (Zhao *et al.* 2003).

Bandant paaiškinti veido termogramos, delno antspaudo, DNR, akies tinklainės ir delno venų bruožų (nors ir gana neblogai pasižyminčių atpažinimui reikiamomis savybėmis) mažas tyrinėjimų apimtis, literatūroje nurodomos šios priežastys: didelė skaitytuvo kaina, sudėtingas visiškas atpažinimo proceso automatizavimas arba ilga atpažinimo trukmė.

Biometrinių asmens bruožų požymiai

Automatinė biometrinė atpažinimo sistema negali atpažinti asmens tiesiog nuskaitydama ir palygindama jo bruožus. To padaryti negalima iš esmės dėl dviejų priežasčių: pirma, nuskaitytas asmens bruožo pavyzdys pasižymi daugiamatiškumu, dėl kurio pasireiškia matiškumo prakeikimo efektas (kuo didesnis pavyzdžio matiškumas, tuo daugiau reikia pavyzdžių apmokymui), antra, skaičiavimų apimtys tokiems palyginimams būtų milžiniškos. Taigi, tenka gautus bruožų pavyzdžius transformuoti į požymius, taip sumažinant duomenų matiškumą, tačiau išsaugant konkretaus asmens bruožo unikalumą.

Pasirinkti požymiai gali būti tinkami vienam asmens bruožui transformuoti, tačiau visiškai netinkami kitam. 2 lentelėje pateikiami literatūroje naudojami požymiai penkiems populiariausiems asmens bruožams transformuoti.

Iš 2 lentelės matyti, kad universalieji požymiai yra įvairių transformacijų koeficientai. Pagrindinių komponentių ir tiesinė diskriminantinė analizės taip pat plačiai naudojamos, tačiau kiek skirtingais būdais: jei veido bruožo atveju įprastai analizuojama visų vaizdo taškų informacija (Yang *et al.* 2007) ir taip išgaunami požymiai, tai kitų bruožų atveju dažniausia analizuojami jau išgauti požymiai taip norint pagerinti išgautų požymių savybes. Likusieji požymiai yra gana specifiniai ir gali būti pritaikomi tik vienam ar dviem asmens bruožams transformuoti.

2 lentelė. Populiariausių asmens bruožų transformavimo požymių suvestinė

Table 2. Summary of features for most popular characteristics

Asmens bruožų transformavimo požymiai	Veidas	Piršto atspaudas	Rainelė	Parašas	Balsas
Įvairių transformacijų koeficientai	+	+	+	+	+
Pagrindinės komponentės	+		+	+	+
Pagrindinės komponentės gautos tiesine diskriminantine analize	+		+	+	+
Nepriklausomos komponentės	+		+	+	+
Struktūros charakteristikos	+	+			
Detalių koordinatės		+	+		
Prakaito liaukų, piršto odos raukšlių, randų, karpų koordinatės		+			
Tiesinės prognozės koeficientai					+
Tiesinės prognozės kepstro koeficientai					+
Formantės					+
Melų, barkų arba ERB skalės kepstro koeficientai					+
Delta ir delta delta koeficientai					+
Spektrinių porų dažniai					+
Rašymo greitis, pagreitis, kampas, suminis ilgis ir laikas				+	

Didelė dalis požymių skirti transformuoti tik balso pavyzdį. Ironiška, tačiau tie patys požymiai naudojami ne tik kalbėtojo, bet ir kalbos atpažinimui, todėl išlaiko informacija ne tik apie kalbėtoją bet ir apie tai, ką jis pasakė (Grimaldi, Cummins 2008). Dėl šios priežasties nukenčia šių požymių savybės. Siekiant to išvengti, kai kurios sistemos atpažįsta asmenį tik pagal fiksuotą frazę.

Rose (2002), Kinnunen (2003) bei Jain *et al.* (2004) įvardina šešias optimalios požymių grupės savybes:

- didelis požymių skirtingumas tarp asmenų;
- mažas požymių skirtingumas tarp to paties asmens mėginių;
- požymių transformavimo paprastumas;
- požymių atsparumas mėgdžiojimui ar klastojimui;
- požymių atsparumas triukšmams ir iškraipymams;
- maksimalus požymių tarpusavio nepriklausomumas.

Įvertinti kiekvieno iš požymių minėtas savybes yra sunku, nes jas taip pat įtakoja transformuojamas bruožas. Didžiausiu skirtingumu tarp asmenų pasižymi pirštų antspaudų detalių koordinatės ir akies rainelės vilnelių transformacijos koeficientai. Šiais požymiais besiremiančiose sistemose klaidingo atpažinimo tikimybė labai maža (Li, Jain 2005).

Remiantis Martinez ir Kak (2001) dėl minimizuojamo pasiskirstymo klasėje mažiausią skirtingumą tarp to paties asmens pasiekia tiesinės diskriminantinės analizės pagalba gaunami požymiai. Transformavimo paprastumu išsiskiria rašymo greičio, pagreičio, kampo, suminio ilgio ir laiko požymiai, nes jiems atlikti nereikia pirminio apdorojimo veiksmų. Atsparumu pamėgdžiojimui ir klastojimui geriausiai pasižymi prakaito liaukų koordinacių išskyrimas, nes tokio piršto antspaudu falsifikato pagaminimas yra jei ir įmanomas, tai bent jau labai sudėtingas (Govindaraju, Ratha 2008, Jain *et al.* 2007). Atsparumu triukšmams ir iškraipymams įprastai pasižymi globalią informaciją įvertinantys transformacijų požymiai, pvz., akies rainelės vilnelių transformacijos koeficientai. Maksimaliu požymių tarpusavio nepriklausomumu išsiskiria nepriklausomų komponentų analize gauti požymiai.

Išvados

1. Didelio tikslumo asmens atpažinimo sistemų bruožai yra skiriantys ir nuolatiniai, o mažesnio tikslumo sistemų – lengvai išmatuojami bei priimtini vartotojui.

2. Mokslinėse publikacijose ir tyrimuose taikomų biometrinių bruožų parinkimą lemia ne tiek bruožų savybės, kiek taikymo sritis bei siekiamas sistemos tikslumas.

3. Asmens bruožų požymių savybės įtakoja atpažinimo sistemų tikslumą, todėl transformavimo būdas turi būti parinktas atsižvelgiant į pasirinktą biometrinių bruožų, pavyzdyje gaunamus triukšmus, atpažįstamų asmenų skaičių, pavyzdžio apdorojimo trukmę ir t. t.

4. Požymių ir jų savybių įvairovės apjungimas taikant duomenų suliejimo technologijas galbūt leistų panaudoti skirtingų požymių pranašumus ir taip pagerintų biometrinių atpažinimo sistemų veikimą.

Padėkos

Dėkoju prof. dr. Daliui Navakauskui už pagalbą rengiant straipsnį.

Straipsnio rengimą rėmė Lietuvos valstybinis mokslo ir studijų fondas (projekto nr. T-09152, sutarties nr. T-106/09).

Literatūra

- Delac, K.; Grgic, M. 2004. A survey of biometric recognition methods, in *Proceedings of the 46th International Symposium Electronics in Marine*, 184–193.
- Govindaraju, V.; Ratha, N. K. 2008. *Advances in Biometrics*. London: Springer. 552 p. ISBN 978-1-84628-920-0.
- Grimaldi, M.; Cummins, F. 2008. Speaker identification using instantaneous frequencies, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 16: 1097–1111. doi:10.1109/TASL.2008.2001109
- IEEE Xplore Digital Library [online]. 2009. Institute of Electrical and Electronics Engineers [žiūrėta 2009 m. kovo 23 d.]. Prieiga per internetą: <http://ieeexplore.ieee.org>
- Yang, A. Y.; Wright, J.; Ma, Y.; Sastry, S. S. 2007. *Feature Selection in Face Recognition: A Sparse Representation Perspective*. EECS Department, University of California, Berkeley. [žiūrėta 2009 m. kovo 24 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2007/EECS-2007-99.pdf>.
- Jain, A. K.; Yi, C.; Demirkus, M. 2007. Pores and ridges: high-resolution fingerprint matching using level 3 features, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 29: 15–27. doi:10.1109/TPAMI.2007.250596
- Jain, A. K.; Ross, A.; Prabhakar, S. 2004. An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology* 14: 4–20. doi:10.1109/TCSVT.2003.818349
- Kinnunen, T. 2003. *Spectral Features for Automatic Text-Independent Speaker Recognition*. Licentiate's Thesis. University of Joensuu. Joensuu.
- Kvietkauskas, V.; Kindurys, A.; Viluveitas, V. 1985. *Tarptautinių žodžių žodynas*. Vilnius: K. Poželos spaustuvė. 527 p.
- Li, S. Z.; Jain, A. K. 2005. *Handbook of Face Recognition*. USA: Springer. 389 p. ISBN 978-0-387-40595-7.
- Martinez, A. M.; Kak, A. C. 2001. PCA versus LDA, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 23: 228–233. doi:10.1109/34.908974
- Rose, P. 2002. *Forensic Speaker Identification*. London: Taylor & Francis. 380 p. ISBN 978-0-415-27182-0.
- Zhao, W.; Chellappa, R.; Rosenfeld, A.; Phillips, P. J. 2003. Face recognition: a literature survey, *ACM Computing Surveys* 35(4): 399–458. doi:10.1145/954339.954342

BIOMETRIC FEATURES IN PERSON RECOGNITION SYSTEMS

E. Ivanovas

Abstract

Lately a lot of research effort is devoted for recognition of a human being using his biometric characteristics. Biometric recognition systems are used in various applications, e. g., identification for state border crossing or firearm, which allows only enrolled persons to use it. In this paper biometric characteristics and their properties are reviewed. Development of high accuracy system requires distinctive and permanent characteristics, whereas development of user friendly system requires collectable and acceptable characteristics. It is showed that properties of biometric characteristics do not influence research effort significantly. Properties of biometric characteristic features and their influence are discussed.

Keywords: biometry, traits, features, recognition.