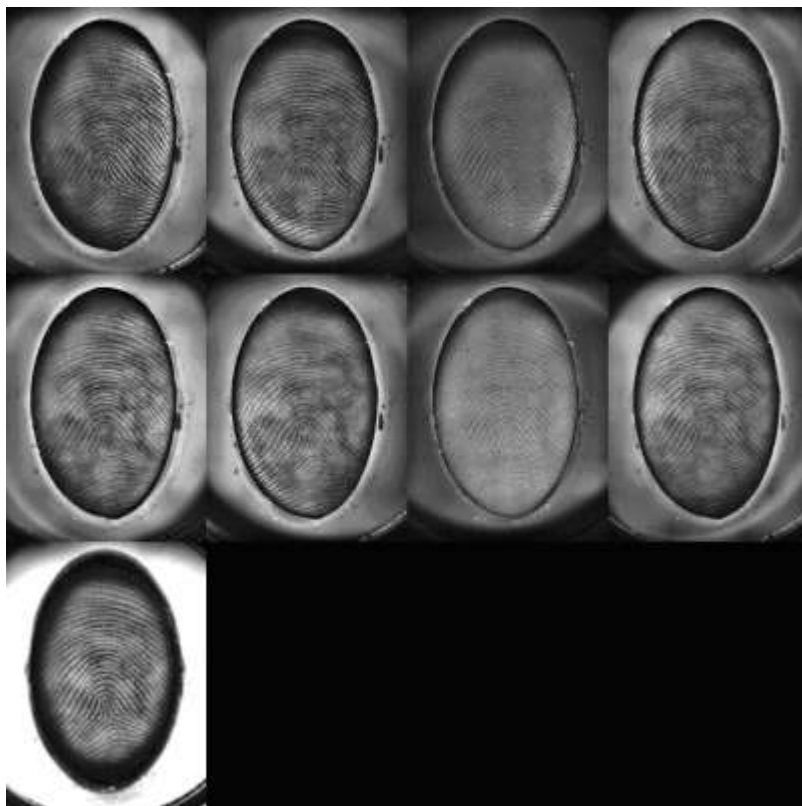


## Pirštų atspaudų paslaptis

Vytautas Kulvietis

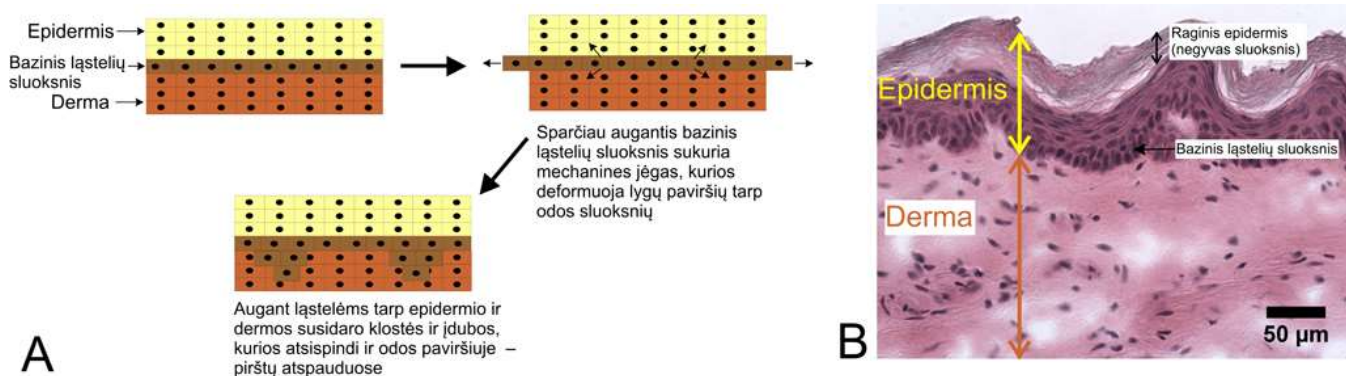


Lumidigm nuotraukos

Pirštų atspaudą (PA) yra unikalus kiekvieno žmogaus rankos piršto odos raukšlių ir vagų reljefas, kuris naudojamas asmeniui identifikuoti. Kiekvieno iš mūsų delnų bei padų linijos taip pat yra išskirtinės. Egipte rasti seniausi žinomi odos linijų įspaudai, jiems daugiau kaip 4000 metų [1]. Visgi pirmą kartą asmens įvardijimui atspaudai buvo panaudoti 1858 m. Indijoje, kai seras Viljamas Heršelis (William James Herschel) delnų atspaudus pradėjo naudoti sutartims su darbuotojais tvirtinti, o vėliau ir kaliniams identifikuoti. PA taikymo populiarumą lėmė žemas tuometinis raštingumo lygis. Šiame straipsnyje aptarsime, kodėl visi esame išskirtiniai, kaip susidaro odos reljefas ir kaip pakito PA nuskaitymo technologijos nuo sero V. Heršelio laikų.

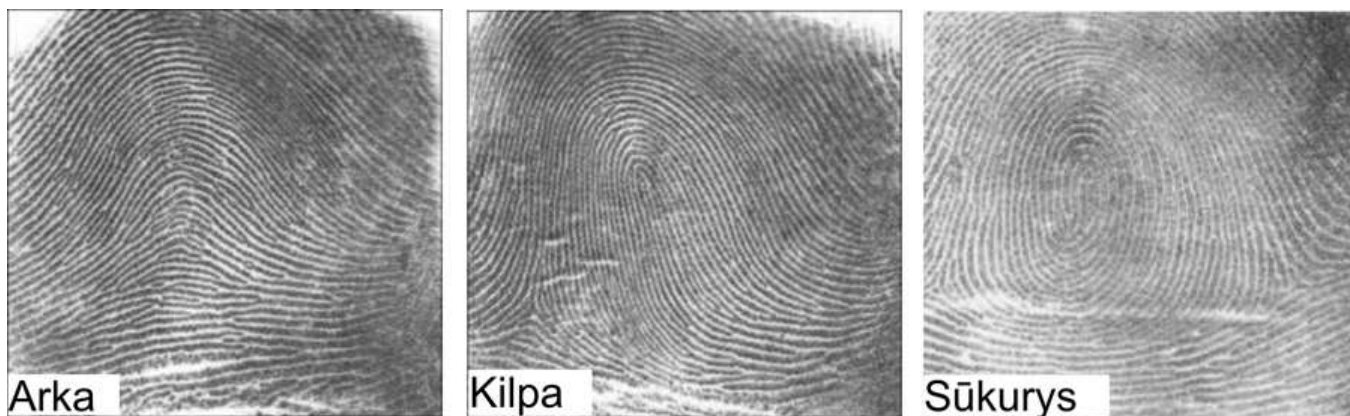
### Pirštų atspaudų susidarymas

Žmogaus odos raštus tiriantis mokslas vadinamas dermatoglifika. PA ir delnų linijos puikiai matomos odos paviršiuje. PA priklauso ne nuo paviršinio sluoksnio (epidermio), bet yra gilesnio odos sluoksnio (dermos) sandaros atspindys. Nelygumai atsiranda dėl to, kad formuojantis odai gretimi ląstelių sluoksniai auga nevienodu greičiu [2]. Tarp paviršinio epidermio ir dermos yra vienas ląstelių sluoksnis, vadinamas baziniu. Būtent jis vystosi greičiausiai ir todėl tarp gretimų paviršių susidaro įtempimo jėgos. Prieš tai buvę lygiagretūs, sluoksniai įdumba vienas kito atžvilgiu ir formuojasi unikalus reljefas, kurio atspindys odos paviršiuje ir yra pirštų atspaudas (1 pav.).



1 pav. Odos raštų susidarymo principinė schema (A) ir odos preparato histologinis vaizdas, matomas pro mikroskopą (B), skalė – 50 μm (autorius iliustracija parengta pagal [2]; Vilniaus universiteto Onkologijos instituto nuotrauka).

Manoma, kad pirštų atspaudai susidaro dar prieš gimimą (pradedama formuotis 7-ąją nėštumo savaitę) ir išlieka nepakitę iki žilos senatvės [3]. Kas sąlygoja patį odos raštą, kol kas nėra gerai suprasta. Šie procesai dažnai modeliuojami kompiuteriu kaip netiesiniai biocheminiai procesai. Manoma, raukšlių pasiskirstymas yra nulemtas kelių medžiagų sąveikos, vienos medžiagos skatina ląstelių augimą, kitos – lėtina [2]. Šis vyksmas iš dalies primena „drugelio efektą“, t. y. mažas poveikis proceso pradžioje sukelia stiprų ir reikšmingą rezultato pokytį. Todėl nuspėti ar sugeneruoti konkretų atspaudų raštą yra beveik neįmanoma. Susiformavę žmogaus pirštų atspaudai būna 3 pagrindinius rašto tipų: arkos, kilpos ir sūkurio pavidalo (2 pav.). Visi šie tipai turi savų variacijų. Dažniausiai pasitaiko kilpos tipo, o rečiausiai – arkos tipo atspaudai. Delnų bei padų raštai yra apipinti įvairiomis legendomis, jiems priskiriamos ezoterinės reikšmės.



2 pav. Pagrindiniai žmogaus pirštų atspaudų tipai (parengta pagal [4]).

Odos raštai turi ir biologinę prasmę. Braukiant pirštais per daiktų paviršių odos raukšlės sustiprina vibracijas, kurios perduodamos už lytėjimo pojūtį atsakingiems taktiliniams odos receptoriams. Raukšlės taip pat pagerina sukibimą su lygiais bei šlapiais paviršiais.

Įdomu tai, kad ne visi žmonės turi pirštų atspaudus. Egzistuoja itin retas genetinis sutrikimas adematoglifija – žmogaus pirštai bei padai neturi odos raštų [5].

### Pirštų atspaudų nuskaitymo technologijos

PA ant daiktų dažniausiai paliekame dėl to, kad mūsų vidinės plaštakų bei padų pusės turi daug prakaito liaukų – būtent prakaitas su jame įmirkusiomis dulkių dalelėmis palieka piršto raštą ant liečiamo paviršiaus. Be abejo, PA plačiausiai naudojami asmeniui identifikuoti. Pradžioje kriminalistikoje darant PA popieriuje naudotas rašalas. Šiuolaikiniai PA detektoriai remiasi įvairiais fizikiniais principais: optiniais, elektrinio laidumo, talpos, mechaniniais ir kt. Piršto paviršius nuskenuojamas ir gaunamas skaitmeninis vaizdas, kurį galima nesunkiai apdoroti, išsaugoti,

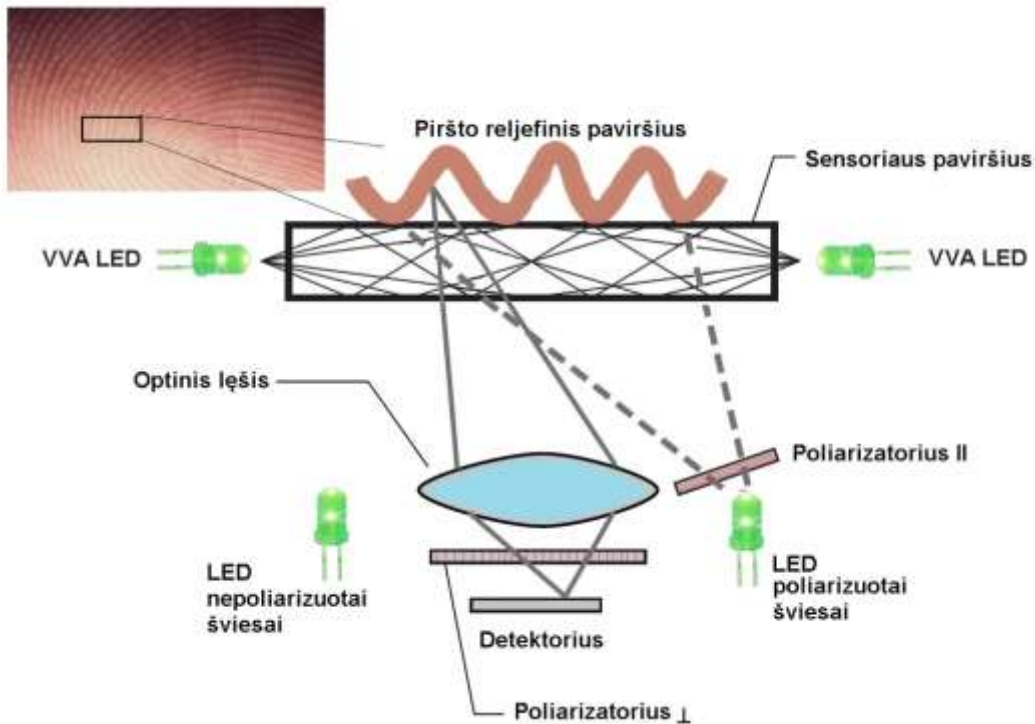
perduoti kompiuterinėmis technologijomis. Paprasčiausią PA jutiklį galima įsigyti įvairiose parduotuvėse ir internete. Tokie jutikliai dažniausiai naudojami kaip elektroninės spynos, kad pašaliniai žmonės negalėtų pasinaudoti kompiuteriu ar kitu įrenginiu (3 pav.). Jų asortimentas rinkoje yra gana platus, kainos prasideda nuo 100 Lt. Jutiklis prijungiamas prie stacionaraus kompiuterio USB jungtimi arba būna integruotas į nešiojamojo kompiuterio korpusą.



3 pav. Pirštų atspaudų jutiklis montuojamas kompiuteriuose ir kituose įrenginiuose (Peter Raymond nuotrauka [6]).

JAV kompanija Lumidigm Inc. 2010 metais gavo *Frost & Sullivan* apdovanojimą už inovacijas kuriant daugiaspektrinio vaizdinimo principu veikiančią biometrines įrangą [7]. Šis pirštų atspaudų nuskaitymo įrenginys (toliau – jutiklis) sukuria kelis piršto atvaizdus esant skirtingoms apšvietimo sąlygoms: skirtingam bangos ilgiui, šviesos kryptiai ir poliarizacijai. Gauti duomenys integruojami ir sukuriamas bendras vaizdas, kuriame slypi informacija apie piršto paviršių ir gilesnių jo odos sluoksnių savybes. Šis prietaisas yra pranašesnis už įprastas atspaudų nuskaitymo sistemas, nes efektyviai nuskaityto PA kai nešvarus ar drėgnas paviršius, kai stiprus aplinkos apšvietimas ir net silpnas piršto ir detektoriaus sąlytis. Taip pat juo įvertinamos žmogaus odos savybės, todėl prietaisą yra sunku pagauti kokiais nors įtaisais.

Lumidigm jutiklyje naudojami keli šviesos šaltiniai: mėlynos (bangos ilgis 430 nm), žalios (530 nm), raudonos (630 nm) ir baltos šviesos diodai (LED). Skirtingo bangos ilgio šviesa prasiskverbia į skirtingą odos gylį (trumpesnės bangos išsklaidomos labiau, todėl įsiskverbia ne taip giliai kaip ilgesnės). Šviesą taip pat yra sugeria odoje esančios molekulės, tokios kaip kolagenas, elastinas, nikotinamidadeninukleotido hidridas (NADH), melaninas ir kt. Taigi naudojant kelis šviesos šaltinius gaunama informacija apie skirtingas odą sudarančias medžiagas ir iš skirtingų jos sluoksnių. 4 paveiksle pavaizduota principinė tokio jutiklio veikimo schema.



4 pav. Lumidigm kompanijos pirštų atspaudų nuskaitymo jutiklio principinė veikimo schema. VVA LED – visiško vidinio atspindžio šviesos diodai,  $\parallel$  ir  $\perp$  simboliais pažymėti sukryžminti poliarizatoriai (parengta pagal [7])

Naudojant tiesiškai poliarizuotą ar nepoliarizuotą šviesą taip pat galima gauti informacijos iš atitinkamai gilesnio ar paviršinio odos sluoksnių. Poliarizuota šviesa gaunama nepoliarizuotai šviesai praėjus pro pirmąjį poliarizatorių (5 pav., kairėje), o priešais detektorių esantis poliarizatorius praleidžia tik šviesą, kurios poliarizacijos plokštuma pasukta  $90^\circ$  kampu pirmojo atžvilgiu. Nuo odos paviršiaus atsispindėjusi poliarizuota šviesa beveik nepakeis savo spinduliuotės virpesių krypties (poliarizacijos) ir todėl nepraeis pro antrąjį poliarizatorių. O giliau į audinį įsiskverbusi spinduliuotė pakeis savo poliarizacijos kryptį, t. y. audinys pakeičia elektromagnetinės bangos virpesių kryptį. Tad tokios pasikeitusios poliarizacijos šviesa praeis pro antrąjį poliarizatorių ir pateks į detektorių.

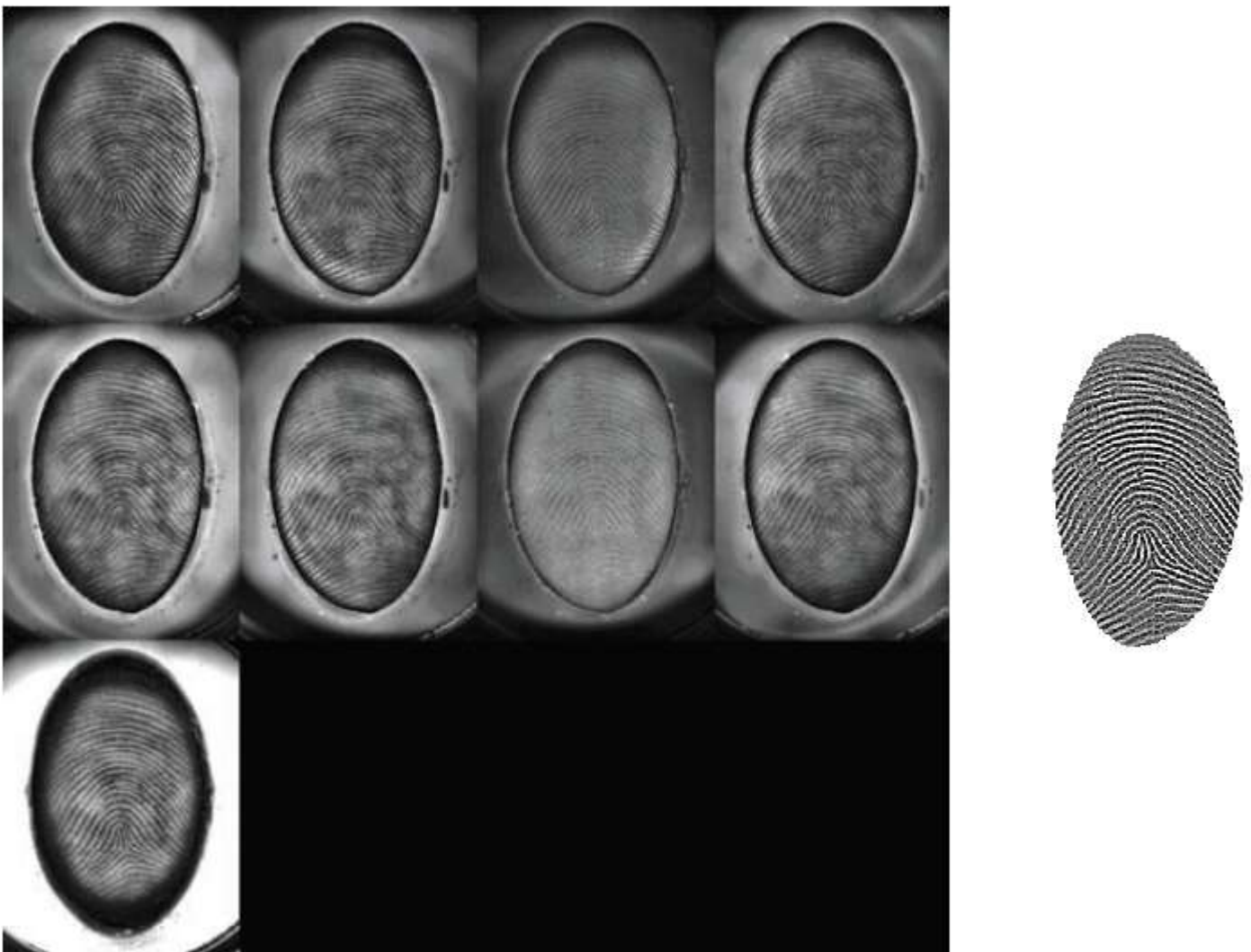


5 pav. Poliarizuotos šviesos susidarymas (kairėje; parengta pagal Bob Mellish iliustraciją [8]) ir visiškojo vidaus atspindžio reiškinys (dešinėje; autoriaus iliustracija).

Jutiklyje be tiesioginio apšvietimo, taip pat naudojamas šoninis apšvietimas, kuris sukuria visiškąjį vidaus atspindį (VVA). Šis reiškinys pagrįstas tuo, jog šviesa, sklindanti iš optiškai tankesnės terpės (pvz., stiklo, vandens) į optiškai retesnę (pvz., orą), lūžta tam tikru kampu (5 pav., dešinėje), t. y. jos sklindimo kryptis pakinta. Esant tam tikro dydžio šviesos kritimo kampui ( $\Phi_{VVA}$ ), spindulys sklinda

abiejų terpių skiriamuoju paviršiumi, o kai kampas dar didesnis – atsispindi ir lieka pirmojoje terpėje (pvz., vandenyje). VVA reiškiniu pagrįstas ir šviesos sklaidimas šviesolaidžiu. Taigi PA jutiklyje apšvietus plokštelę iš šono (4 pav., VVA LED), šviesa įprastu atveju sklis plokštelės paviršiumi ir nepateks į detektorius. Tačiau ten, kur oda liečiasi su paviršiumi (odos raukšlės smailėje), šviesa dėl didesnio odos nei oro lūžio rodiklio įsiskverbs į pirštą ir bus jame išsklaidyta visomis kryptimis. Dalis jos pateks į detektorius ir bus užregistruota.

Lumidigm J110 jutiklis atspaudų vaizdą sukūria pagal duomenis iš 9 skirtingų nuotraukų, kurios gautos apšviečiant bandinį skirtinga spinduliuote skirtingu jos kritimo kampu (6 pav., kairėje). Iš šių duomenų nustatoma, ar tai yra žmogaus piršto atspaudas, ar klastotė. Vaizdai apdorojami pagal atitinkamą algoritmą ir sukuriama vienas 8 bitų piršto atspaudų atvaizdas (6 pav., dešinėje). Matyti, kad kiekvienas iš atskirų vaizdų turi savų trūkumų, netikslumų, tačiau atliekant atitinkamas skaitmenines manipuliacijas jie ištaisomi ir gaunamas ryškus, kokybiškas piršto paviršiaus atvaizdas.



6 pav. Pirštų atspaudų nuskaitymo jutikliu gauti vaizdai esant skirtingam apšvietimui (kairėje) ir iš jų gautas galutinis piršto atspaudas (dešinėje). Viršutinė eilė: apšvietus nepoliarizuota 430 nm, 530 nm, 630 nm ir balta šviesa; vidurinė eilė: apšvietus atitinkama poliarizuota šviesa; apačioje VVA vaizdas (Lumidigm nuotraukos; parengta pagal [7]).

## Literatūra

1. Inspiration line. Trivia, brainteasers & fascinating facts. Prieiga: <http://www.inspirationline.com/Brainteaser/fingerprints.htm> (2011.09.28)
2. Garzon-Alvarado D. A., Ramirez Martinez A. M., 2011, A biochemical hypothesis on the formation of fingerprints using a turing patterns approach. *Theoretical Biology and Medical Modelling*, 8, 24. Prieiga: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3141687/?tool=pmcentrez>
3. Seidenberg-Kajabova H., Pospisilova V., Vranakova V., Varga I., 2010, An original histological method for studying the volar skin of the fetal hands and feet. *Biomedical papers of the Medical Faculty of the University Palacký, Olomouc, Czechoslovakia* 154, 3, 211–218. Prieiga: <http://mefanet.upol.cz/BP/2010/3/211.pdf>
4. Fingerprint, *Wikipedija*. Prieiga: <http://en.wikipedia.org/wiki/Fingerprint> (2011.09.28)
5. Burger B., Fuchs D., Sprecher E., Itin P., 2011, The immigration delay disease: Adermatoglyphia-inherited absence of epidermal ridges, *Journal of the American Academy of Dermatology*, 64, 5, 974–980. Prieiga: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20619487>
6. *Flickr* nuotraukų mainų portalas. Prieiga: <http://www.flickr.com/photos/jaft/39022643/sizes/o/in/photostream/> (2011.09.28)
7. Rowe R. K., Nixon K. A., Butler P. W., 2008, Multispectral fingerprint image acquisition, 3–23. In Ratha N. K., Govindaraju V. (eds.), *Advances in Biometrics*, Springer. Prieiga: <http://www.lumidigm.com/download/Multispectral-Fingerprint-Image-Acquisition.pdf>
8. Wire grid polarizer, *Wikipedija*. Prieiga: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Wire-grid-polarizer.svg> (2011.09.28)