

Sledování vlivu teploty na termogram lidské tváře - část 1

Sulovská Kateřina · Elektrotechnika, Informačné technológie

20.07.2012



Tento článok sa zaoberá využitím termosnímků tváře. Jejich uplatnění je velmi široké a v některých odvětvích plní nezastupitelnou funkci. V případě tohoto článku se budeme bavit o termosnímcích tváře v oblasti biometrie, tedy zařízení a systémů, které dnes potkáváme téměř na každém kroku. Multidisciplinární článek vychází ze základních poznatků z oblasti anatomie hlavy, pokračuje přes stručný úvod do biometrie do kapitoly o termografii a jejím praktickém využití.

V předposlední části jsou uvedeny výsledky, který se uskutečnil na přelomu roku 2011/2012 a jehož cílem bylo zjistit variabilitu skupiny obličejů a jejich možné použití jako samostatné biometrie.

1. Úvod

V současnosti jsme vystavováni rizikům, která si vyžadují speciální pozornost a nejefektivnější ochranu. Hrozba terorismu nebo epidemie vzbuzují zájem o biometrické systémy. Biometrických systému existuje několik, vyjmenujme například: rozpoznávání podle otisků prstů, sítnice a duhovky, žilního řečiště, geometrie ruky, lidské chůze a tváře. Tyto způsoby však vyžadují trpělivost a většina také spolupráci snímané osoby, což pro ni v některých případech může být nepříjemné.

Mezi velmi oblíbené a pohodlné systémy na rozpoznávání osob patří systémy zaměřené na tvář. Lidská tvář je skoro vždy odhalená a tím je možné ji snímat. Dotyčná osoba se při snímání biometrických údajů pouze „odfotí“. Mimo fotografování klasickým fotoaparátem nám dnešní technika poskytuje řadu možností automatizovaného snímání, nebo využití i dalších možností - termokamer. Důvodů pro použití termokamer je mnoho. Jedním ze zásadních je možnost snímání za jakýchkoli světelných podmínek a bezkontaktnost.

2. Teorie

V této části článku se budeme věnovat především anatomickým rysům lidské hlavy, které jsou důležité ať už pro identifikaci/verifikaci tváře biometrickými systémy nebo právě pro pochopení transportu tepla a následnému využití termogramů pro bezpečnostní účely. Jednou z dalších podkapitol nutných pro správné pochopení tvorby infračervených snímků lidské tváře jsou základní fyzikální principy vztahující se na téma tvorby termogramů.

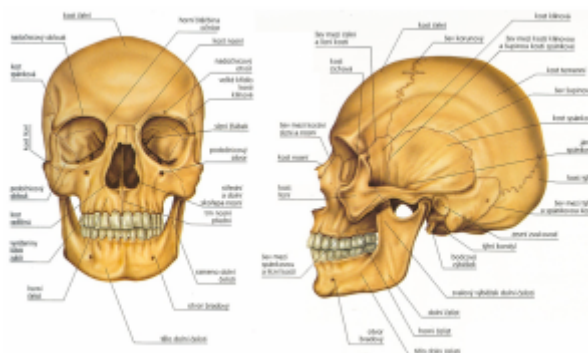
2. 1 Anatomie lidské tváře

Lidská tvář a hlava jsou anatomicky velmi zajímavé části lidského těla a stávají se tím jednou z velmi dobrých možností při identifikaci člověka. Z anatomického hlediska určuje tvar tváře nejvíce lebka a na ni navazující měkké složky, jako např. podkožní tkanivo s menším nebo větším podílem tuku, nos, rty, brada, oči, líce a ušní lalůčky. Na tvaru se také podílí ve značné míře svaly, respektive jejich struktura a tvaru, které jsou především tenké a pohybují zvláště kůží tváře. Svaly v oblasti čelistí a jejich stavba představují výjimku v této části lidského těla. Lidská kostra má v oblasti hlavy dvě části [1]:

- mozková část lebky (neurocranium) - vytváří obal pro mozek a smyslové orgány (čich a zrak), dělí se na klenbu lební a spodinu lebeční,
- obličejová část lebky (splanchnocranium) - napojuje se na mozkovou část lebky z vnitřní strany a složitým způsobem se napojuje okolo trávicí trubice, dělí se na horní oddíl, který je větší, a dolní oddíl, který je menší.

2.1.1 Obličejová část lebky - kosti

Obličejová část lebky se skládá převážně z párových kostí - horní čelist, lící kost, kost nosní. Mezi další kosti patří oční kost, kost radličná (nosní přepážka), nosní skořepy, dolní čelist a jazylka (měkká kost tvaru U). Mozková část lebky se skládá z kostí temenní, spánkové a kosti klínové. Mezi nepárové kosti patří kost týlní a čelní.



Obrázek 1 - Kostra lebky [<http://www.giobio.ic.cz/>]

Horní čelist je párová kost a patří mezi největší z párových kostí v obličejové části lebky. Ve středu obličejové části ohraničuje výběžek pro nosní otvor, ze kterého vyčnívá krátký nosní trn, a který se vyskytuje jen u sapientního člověka. Skládá se z těla a čtyř výběžků. Tělo představuje střední část horní čelisti, lící a čelní výběžek se nachází ve vnitřním a dolním okraji oční kosti. Ve vnitřku těla se nachází prostorná dutina spojená s nosní dutinou, směrem dolů jsou zubní lůžka horního zubního oblouku [1].

Z těla do stran vybíhají výběžky patrové, které jsou ve střední části spojené švem, v němž se v přední části nachází otvor mezičelistní. Tento otvor pokračuje kanálkem do dutiny nosní. Od tohoto otvoru směrem dopředu se nachází samostatná kost mezičelistní (část horní čelisti oddělená švem). V zadní části tvrdého patra jsou dvě samostatné kosti patrové (párová kost) [2].

Nosní kosti připomínají svým tvarem stříškové destičky přichýlené k sobě. Vnitřním okrajem se dotýkají kosti čelní, venkovním okrajem pak výběžků horní čelisti. Dolní

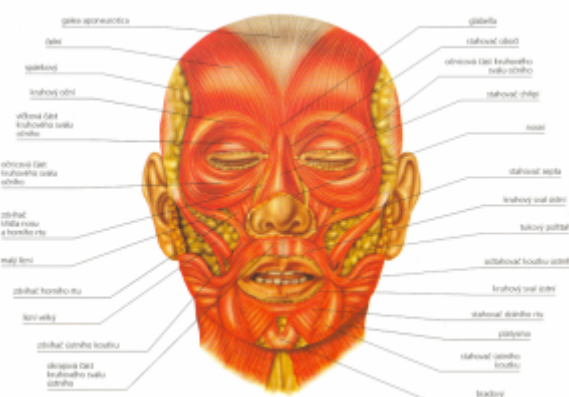
nepravidelné okraje jsou podloženy chrupavkou. Obě kosti tvoří kostěný podklad nosního hřbetu [2]. Tzv. sedlovitý nos vzniká jako následek vpadnutí kořene nosu jako následek zlomenin [3]. Jazyk je nepárová kůstka podkovovitého tvaru podpírající jazyk a sloužící jako závěs pro hrtan. Je připojena k bodcovitým výběžkům pravé a levé kosti spánkové [2].

Kost lícni zesponu a zevně ohraničuje očnici. Postavení lícniých kostí podmiňuje šířku obličeje [2]. Párová kost slzni je tenká čtyřhranná lamela ve vnitřní stěně očnice. Ve stavbě vnitřní stěně očnice, ale především dutiny nosní se uplatňuje kost čichová. Kost radličná je dolní součástí kostěné nosní přepážky a tvoří taktéž přepážku v zadní části dutiny nosní mezi zadními otvory nosní dutiny [2].

Dolní čelist se napojuje kloubem na kost spánkovou. Bradový výběžek v jeho středu je významným znakem člověka; bradový okraj dolní čelisti tak vyčnívá dopředu. Dásňový výběžek ve tvaru podkovy tvoří tělo dolní čelisti, na výběžku jsou umístěny dolní zuby. Pravá a levá větev vystupují pod tupým úhlem (u dospělé osoby 120°) ze zadního konce těla. Úhel dolní čelisti se nazývá místem jejich odstupe od těla. Horní okraj obou větví vybíhá do dvou výběžků - předního nebo také korunového pro připojení spánkového svalu a zadního kloubového výběžku. [1, 2]

2.1.2 Svaly hlavy

Svaly nacházející se na hlavě rozdělujeme do dvou základních skupin - svaly žvýkací a mimické (výrazové, též orofaciální soustava). Mimické svaly zabezpečují pohyb úst, očních víček, obočí a lícni části tváře. Pomáhají při výslovnosti, mimice tváře a příjmu potravy. Žvýkací svaly se podílejí na příjmu potravy tím, že pohybují čelisti a zabezpečují, jak už z jejich názvu vyplývá, žvýkání. V případě člověka hovoříme o čtyřech žvýkacích svalech.



Obrázek 2 - Svaly hlavy [<http://www.giobio.ic.cz/>]

Mimické svaly se většinou nacházejí na povrchu tváře a upínají se do kůže nebo spojují různé kožní úseky tak, že mění kožní vrásky, polohu a tvar ústní štěrbin a očních štěrbin. Umožňují tedy svým pohybem fyzicky vyjádřit emoce [1, 2, 3]. Jejich prvotní funkcí však není pouze mimika obličeje, ale motorické ovládní otvorů kolem čidel a začátku trávicích a dýchacích cest. Tyto svaly mají i velký význam pro růst a formování čelistí a zubů. K okostici lebeční klenby je řídkým vazivem připojena vazivová blána, ze které se rozbíhají svaly čelní (svrašťování čela, vytahování obočí) a týlní (vyrovnává vrásky tažením vazivové blány dozadu). [2]

Kolem očních můžeme nalézt párový svěrač oční štěrbinu - kruhový sval oční. Dalším svěračem v obličeji je kruhový sval ústní, který je svalovým podkladem horního a dolního rtu. Uzavírá ústní štěrbinu a přitlačuje rty k zubům. [2, 3] Za nejmohutnější mimický sval můžeme bezpochyby označit sval tvářový, který má i druhý název - sval trubačský (oplošťuje nadmuté tváře). Začíná na horní i dolní čelisti nad stoličkami a končí v koutku úst, prostupuje jím vývod příušní žlázy a taktéž přitlačuje tváře k zubům [2]. Jeho spodní lalok se významně podílí na reliéfu tváře člověka. Povrch tvářového svalu a okolní oblasti jsou pokryté tukem [1].

Žvýkácí svaly přicházejí k dolní čelisti od jařmového oblouku. Zevní sval žvýkácí velkou silou přitahuje dolní čelist, čímž se uplatňuje při rozmělnování potravy stoličkami. Sval spánkový přitahuje dolní čelist a jeho zadní snopce jí posunují dozadu. Posunutí dolní čelisti dopředu a do strany a její přitahování obstarávají zevní a vnitřní svaly křídlové. Všechny svaly zmíněné v tomto odstavci působí synergicky při přitahování dolní čelisti. [1]

2.1.3 Struktury na povrchu tváře

Na povrchu tváře se nacházejí různé „objekty“, které dodávají vzdor svým jednoduchým tvarům lidské tváři jedinečné rysy. Tyto struktury a jejich tvar mohou být ovlivněné jak pohlavím, tak věkem, některé i váhou jedince a různými zraněními. Jsou to následující části [1]:

- nos (vnější) - mnoho odchylek, tvarem připomíná trojbokou pyramidu s bočními trojúhelníkovými stěnami, nachází se přibližně ve středu obličeje, spodní část tvořená chrupavkou,
- rty (oblast úst) - horní ret sahá až k nosním dírkám a ústním koutkům (rozhodující pro mimiku tváře), kůže rtů velmi citlivá a pevná zároveň, okolí rtů pokrytou fousy (zejména u mužů), směrem dovnitř ústní dutiny přechází kůže ve sliznici,
- ušní boltec - připojen k hlavě pod úhlem 20° - 40°, typický tvar s početnými variacemi (záhyby), kůže jemná pokrytá chloupky, podklad tvořený chrupavkou (mimo ušní lalůček), bez podkožního tuku,
- tvář - ohraničená zdola dolní čelistí a shora čelní kostí, skladba a složení připomíná složení rtů, kůže je jemná, u mužů pokryta fousy, v různých podmínkách mění barvu (jako přirozená barva je označována jemně růžová), prokrvení zajišťuje množství cév, pružnost dodávají mnohočetné propletené a zvlněné elastické vlákna pod pokožkou, řídké podkožní vazivo s tukovým polštářem.

2.1.4 Lebka a pohlaví

Mezi lebkami žen a mužů můžeme určit rozdíly, a to nejen ve velikostech lebek, ale i v jejich tvaru. Všeobecně můžeme říci, že ženské lebky jsou menší, ačkoliv určit pohlaví člověka pouze na základě právě velikosti lebky není možné z důvodů nedostatečného stupně rozdílnosti. Při určování pohlaví nám proto mohou posloužit i znaky tváře, kteréžto ale mají také své výhody a nevýhody (např. lze použít pouze u dospělých jedinců). Mezi nejvýraznější části lebky patří [2, 3]:

- nadočnicové oblouky jsou na mužských lebkách vyznačeny zřetelněji, zatímco na ženských lebkách jsou vyznačené v minimální míře nebo chybí úplně,

- oblast brady na dolní čelisti ženských lebek má většinou zaoblený tvar, u mužů je často čtyřhranný nebo má zřetelný reliéf,
- čelní kost je z profilu plynule klenutá, u žen se většinou strmé čelo ohýbá prudčeji do oblasti temene,
- přechod mezi nosní a čelní dutinou (sklon čela z profilu) u žen přechází plynule, u mužů svírá větší úhel s oblastí obočí,
- výběžky na kosti spánkové nebo zevní výstupek na kosti týlní jsou na mužských lebkách poměrně výrazněji vyvinuty.

Všeobecně se dá říci, že mužská lebka je větší a těžší a místa svalových úponů jsou na ní výraznější. Objem mozkovny se také liší - u mužů je to cca 1450 cm³, u žen cca 1300 cm³. Samozřejmě ne všechny mužské lebky obsahují všechny výše vyjmenované rozpoznávací znaky tváře a stejné je to i u žen. Rozdíly nesouvisí ani s duševními schopnostmi, které jsou u obou pohlaví stejné.

2.1.5 Tvářové typy

V rámci jedné populace existuje mnoho různých typů tváře a jejich různé modifikace. Základní tvar rozlišujeme na základě tvářového indexu. Rozeznáváme tři základní typy tváří: euryprosopní (široké), mezoprosopní (střední) a leptoprosopní (úzké). Mimo tyto tři základní typy můžeme zařadit i různé tzv. přechodné typy, tj. modifikované základní typy. Na šířku a tvar navazuje celková konstrukce a stavba lebky. Osoby, jejichž lebka je nápadně krátká v předozadním rozměru mívají častěji široký a plochý tvářový typ, zatímco pro jedince s prodlouženou lebkou v tom samém směru je charakteristický úzký typ tváře vystupující dopředu.

Také se u nich častěji vyskytují nevýrazné lícní kosti a hlouběji uložené oči. Pro tento tvářový typ je typický nos, který je delší ve směru od shora dolů a širší po obou stranách. Obecně horní čelist vystupuje víc dopředu oproti prvnímu typu lebky. U jedinců s kratší lebkou se častěji objevuje malý oblý nos, nevystupující širší čelisti, rovnější profil čela, oči uložené méně hluboko. [2, 4]

2.1.6 Pohlavní rozdílnost a tvář

Celkový výraz lidské tváři dodávají znaky, které jsou na první pohled rozpoznatelné, ale i ty, které ani nevnímáme. Znaky se velmi často překrývají, a proto existují ženy s mužskými rysy a naopak. Vesměs lze ženskou tvář označit za jemnější díky jemným rysům - méně výrazný nos, menší ústa, téměř žádné nebo nevýznamné ochlupení v oblasti tváře. Mužské oko je v porovnání s ženským prostřednictvím výraznější nadočnicové oblasti a výraznému níže posazenému obočí vnímané jako menší a hlouběji umístěné. Ženská tvář s méně výrazným nosem a užší tváří více zdůrazňuje lícní kosti a výšku (na rozdíl od mužů). [2, 4]

2.1.7 Stárnutí tváře

Stárnutí tváře je proces, který probíhá po celý život člověka. Tento proces může být ovlivněn určitými faktory jako genetické faktory, životní styl nebo životní prostředí. U každého člověka se stárnutí projevuje různými změnami na tváři, které se začínají u každého projevovat jedinečným způsobem. Navzdory určitým osobním faktorům v procesu stárnutí můžeme vyvodit průběh změn, které se víceméně objeví u každého

jedince.

V procesu stárnutí se nejčastěji objevují vrásky v horní části tváře (než v dolní části). Některé vrásky vznikají v předvídatelném tvaru; choroba, dlouhodobý pobyt na slunci, dítě nebo kouření mají vliv na vznik nových vrásek, nebo prohloubení těch existujících. [5] Proces stárnutí můžeme popsat takto [2, X]:

- 20 let - začínají se objevovat jemné vrásky mezi obočím (u mračících se lidí), vrásky v oblasti úst (u směřících se lidí); mohou se objevit jemné vrásky okolo očí z důvodu slabého ochabnutí kůže v okolí těchto podmíněné genetickými faktory, ale i psychologickými,
- 30 let - dochází k prohlubování a zvýraznění vrásek, které se objevili v předcházejícím období života; mohou vzniknout nové vrásky v okolí očí, v horní části nosu a rýhy okolo nosu získávají zřetelnější charakter; na vznik a prohlubování vrásek mají vliv výše zmíněné genetické a psychologické faktory,
- 40 - 50 let - vrásky v oblasti krku se stávají zřetelnějšími, může se vytvořit dvojitá brada, váčky pod očima jsou mnohem výraznější jako v předcházejícím období, může se zvětšit přesahování horního víčka; rty se postupně ztenčují (tento proces je pozorovatelný nejvíce u lidí, kteří měli tenké rty i v mládí); probíhající změny chrupu mohou zvýraznit vrásky v okolí čelisti,
- 60 let - všechny uváděné změny a vznik vrásek probíhají rychleji, prostřednictvím těchto změn může dojít k optickému prodloužení uší; rysy čelisti jsou jemné a měkké, v oblasti krku ochabuje kůže,
- 70 let a více - kůže ztrácí elasticitu rychleji, pokračují všechny výše uvedené změny.



Obrázek 3 - Příklad stárnutí obličeje v čase 4 - 75 let
[<http://fotogalerie.osobnosti.cz/elizabeth-taylor.php>]

2.2 Biometrie tváře

Biometrie tváře je v současnosti jednou z nejvíce zkoumaných metod díky obrovskému spektru možností v oblasti identifikace/verifikace. Rozpoznávání je založené na porovnávání obrazu, který je získaný z kamerového záznamu, s obrazem uloženým do databáze. K dokonalé identifikaci nám nejvíc napomáhá tvar tvářové části a umístění

opticky významných částí tváře jako jsou ústa, nos, oči nebo obočí. Obraz uložený v databázi může být složený z jasových map, nejčastěji je však diskriminovaný funkcí, která spojuje redundanci dat. Neuchovává se přesná poloha očí, rtů a nosu, ale jen vzdálenost očí, vzdálenost rtů od nosu, úhel mezi špičkou nosu a jedním okem, atd. (více v [6]).

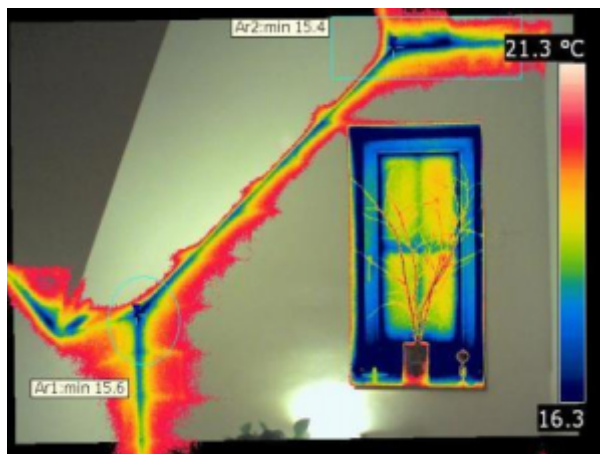
Od zdokonalení biometrie tváře se očekává zlepšení kvality a zvýšení komfortu při některých každodenně využívaných systémech (např. docházkový systém v zaměstnání). Atraktivnost využití takového systému je z praktického hlediska jednoznačná, avšak je nutné zachovat reálné požadavky. Rozpoznávání tváře je, stejně jako ostatní biometrické metody, ovlivněné řadou faktorů, které přímo nebo nepřímo působí na výsledek. Jedná se zejména o stíny, osvětlení a natočení tváře (např. test systému rozpoznávání tváře v [7]). Některé z těchto vlivů se dají normalizovat a nepředstavují velké komplikace. Rušivé elementy jako stárnutí pokožky, nebo jiných anatomických částí, nebo emoce způsobují větší problémy, které mohou být pro funkčnost systému kritickými. [8]

Trendem dnešní doby je také spojování různých biometrických systémů. Můžeme se tedy setkat s kombinacemi typu - otisk prstu a geometrie ruky, obličej a duhovka, otisk prstu a sítnice, a podobné kombinace. Vzhledem k technickému pokroku začínají být nasazovány také různé kontroly živosti, které mají zabránit autorizaci uživatele, jenž se přihlásí většinou umělým podvrhem (např. umělým otiskem prstu nebo fotografií/přesnou maskou oprávněného držitele, jemuž byla charakteristika zcizena). Termografie se tak stává jednou z možností, jak právě zmiňovanou živost organismu ověřit.

2.3 Termografie

Termografie je nedestruktivní metoda na zjišťování teploty a zobrazení tepelných polí povrchu tělesa. Výsledek, který získáme se nazývá termogram. Termografie je v současnosti oblíbenou technikou, která využívá infračervené záření odražené od tělesa a přeměněné na obraz. Signál je zobrazený ve formě teplotních map. [8] Termogram je tedy infračervený snímek s obsahem teplotních polí, který je získaný pomocí termokamery. Teploty jsou na snímcích rozobrazeny tak, že každé teplotě je přiřazena určitá barva pomocí barevné palety. Na každý snímek je možné použít vícero palet a tím dosáhnout zvýraznění některých bodů.

Termografické snímky se dělí na radiometrické a neradiometrické. Radiometrické umožňují odečíst jednotlivé teploty z konkrétního místa, zatímco neradiometrické toto neumožňují. Moderní termokamery pořizují snímky ve dvou režimech a umožňují tím náhled snímku i v běžném zobrazení. Další funkcí může být prolínání snímků. [9]



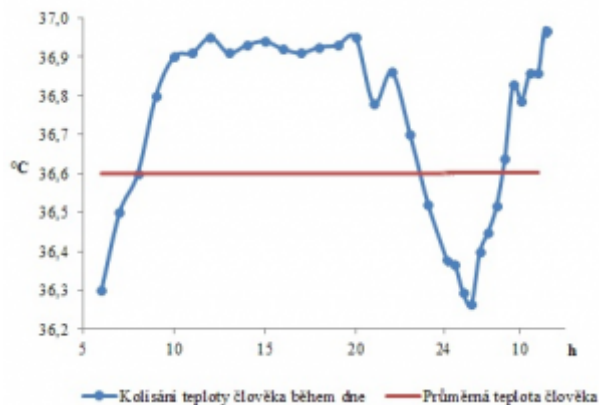
Obrázek 4 - Ukázka prolínání termosnímků s reálným obrazem
[www.termosnimky.net]

Neochlupený a suchý povrch lidského těla se chová jako téměř dokonalé černé těleso a to nezávisle na barvě pokožky (spektrální interval nad 6 μm ; spektrální interval < 3 μm připadá částečně transparentnímu povrchu kůže). Pokožka však není ideální Lambertovský zářič. [15]

Teplota okolí	15	20	25	30	35
Chodidlo	17,4 ± 2,4	21,7 ± 0,9	27,1 ± 0,8	31,6 ± 1,0	35,5 ± 0,3
Bérec	22,3 ± 1,8	25,8 ± 1,0	28,9 ± 1,0	32,7 ± 0,7	35,3 ± 0,2
Stehno	23,2 ± 2,2	27,9 ± 1,5	30,5 ± 1,1	33,4 ± 0,6	35,0 ± 0,4
Břicho	29,1 ± 2,3	30,7 ± 1,7	33,5 ± 0,4	34,7 ± 0,8	35,1 ± 0,6
Záda	30,1 ± 2,4	31,3 ± 1,1	32,7 ± 1,5	34,4 ± 0,8	35,4 ± 0,4
Hrud'	29,9 ± 2,2	31,9 ± 1,1	32,8 ± 0,9	34,5 ± 0,8	35,9 ± 0,3
Rameno	26,2 ± 1,3	28,0 ± 0,8	30,8 ± 2,0	33,4 ± 0,8	36,0 ± 0,2
Předloktí	27,0 ± 2,0	27,7 ± 0,7	30,3 ± 1,3	33,6 ± 0,6	35,7 ± 0,3
Ruka	19,7 ± 2,7	24,0 ± 1,3	25,4 ± 2,1	32,9 ± 0,9	35,8 ± 0,2
Čelo	29,7 ± 2,1	32,9 ± 0,9	33,9 ± 0,4	34,8 ± 0,7	35,8 ± 0,6
Střední hodnota	25,7 ± 1,2	28,2 ± 0,8	30,6 ± 0,9	33,4 ± 0,5	35,7 ± 0,2

Obrázek 5 - Průměrné teploty lidského těla (modrá = min., žlutá = max.) [15]

Tepelné rozpoznávání tváří a systém rozpoznávání tváří bere teplotu tváře jako vstup. Fotografie zhotovené pomocí termokamery jsou pro biometrické systémy čistější. Termogramy lidské tváře jsou generovány z tělesné teploty lidské bytosti. Infračervené snímky jsou nezávislé na okolních světelných podmínkách a nejsou ovlivněny ani objekty v okolí. Teplota lidské tváře se nejčastěji pohybuje v rozmezí 35,5 - 37,5 °C, existují však i výjimky (zvýšená teplota zapříčiněná chorobou, podchlazení, jedinečná genetika). Teplotní snímky tváře jsou závislé především na způsobu rozložení cév, žil a vlasečnic pod pokožkou. Toto rozložení je u každého člověka unikátní (těžší z něj např. rozpoznávání osob podle krevního řečiště), a proto jsou unikátní i tepelné snímky. [9]



Obrázek 6 – Kolísání teplot člověka v průběhu dne [<http://www.giobio.ic.cz/>]

2.3.1 Technika snímání pomocí termografie

Infračervená kamera měří a zaznamenává infračervené záření objektů. Díky tomuto odraženému záření je možné, aby kamera naměřila, vypočítala a ukázala tuto teplotu na displeji. Záření měřené kamerou nezávisí jen na teplotě povrchu tělesa, ale i na velikosti emisivity. Infračervené záření vzniká i okolo objektů a je odražené. Záření objektu a odražené záření z okolí je ovlivňované tím, jak rychle dokáže vzduch tyto paprsky pohlcovat. Pro přesné měření teploty proto musíme kompenzovat vliv dalších zdrojů záření. Tuto kompenzaci dělá kamera automaticky, avšak musíme počítat s následujícími parametry [11]:

- vyzařování objektu (emisivita) - množství infračerveného záření vyzářené objektem do prostoru,
- odražená teplota od jiných těles - používá se pro kompenzaci vlivu odraženého záření na objekt,
- vzdálenost objektů od kamery - důležité z důvodů: pohlcování vzduchu mezi objektem a kamerou; záření vyzařované vzduchem,
- relativní vlhkost vzduchu - závisí na něm prostupnost záření,
- teplota vzduchu.

Poděkování

Tento článek vznikl za podpory Interní grantové agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně číslo IGA/FAI/2012/016. Autoři by na tomto místě rádi poděkovali probandům za jejich pomoc při měření a vytváření termosnímků obličeje.

Pokračovanie článku nájdete na nasledujúcom odkaze.

Literatura

1. Klemra, Jozef: Somatologie a antropologie. 1. vyd., Státní pedagogické nakladatelství, Praha 1981, 502 str.
2. Machová, Jitka: Biologie člověka pro učitele. 1. vyd., Karolinum, Praha 2005, 270 str., ISBN 80-7184-867-0
3. Dokládál, Milan a Libor Páč: Anatomie člověka. 2. vyd., Masarykova univerzita, Brno 1997, 267 str., ISBN 80-210-1633-7
4. Enlow, D. H. a M. G. Hans: Essentials of Facial Growth. W. B. Saunders Company,

- Oxford 1996
5. Taylor Karen T.: Forensic Art and Illustration. CRC Press, Boca Raton, Florida 2001, 580 pgs., ISBN 08-493-8118-5
 6. Rak, Roman et al.: Biometrie a identita člověka ve forenzních a komerčních aplikacích. 1. vyd., Grada Publishing, Praha 2008, 631 str., ISBN 978-80-247-2365-5
 7. Já a Peca DAAAM
 8. Ščurek, Radomír: Biometrické metody identifikace osob v bezpečnostní praxi. 2008, [online], [cit. 23.5.2012], dostupné z www: http://www.fbi.vsb.cz/miranda2/export/sites-root/fbi/040/cs/sys/resource/PDF/biometricke_metody.pdf
 9. Kočár, Radek: Experimenty s termosnímků obličejů. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Brno 2009, vedoucí práce Ing. Martin Dražanský, Ph.D.
 10. Stupňánková, Magda: Infračervené záření v současnosti. Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno 2009, MUDr. Věra Maryšková
 11. FLIR system: ThermaCAM Reporter – user’s manual: Professional Edition 8.1, 2007
 12. DADOS Company s.r.o.: Termografia. 2012, [online], [cit. 23.5.2012], dostupné z www: <http://www.termo-kamera.sk/termografia/>
 13. Slovenský portál Termografia.sk: Aplikácie priemysel. 2011, [online], [cit. 23.5.2012], dostupné z www: <http://www.termografia.sk/clanky/aplikacie-priemysel>
 14. Promedical: Infračervená kamera SVIT. PROMEDICAL Czech a.s., 2008, [online], [cit. 12. 6. 2012], dostupné z www: <http://www.promedical.cz/infrakamera.htm>
 15. Pekarská, Veronika: Multimediální učebnice konvenčních zobrazovacích systémů – IR. ČVUT – Fakulta biomedicínského inženýrství, [online], [cit. 12. 6. 2012], dostupné z www: webzam.fbmi.cvut.cz/hozman/AKK/ZSL_IR.ppt
 16. Tam, Nguyen: How to tell if someone is telling a lie of lying: Viewzone. [Online], 22. 3. 2010, [cit. 24. 6. 2012], dostupné z www: <http://viewzone2.com/liarx.html>
 17. AMETEK Company: Thermal imaging camera: GUIDE ThermoPro™ TP8. [Online], [cit. 24. 6. 2012], dostupné z www: http://www.wormald.com.au/_data/assets/pdf_file/0005/162527/ThermoPro_TP8_Datasheet.pdf
 18. Shoniregum, Charles A. a Stephen Crosier: Securing Biometric Applications. Springer Scien-ce+Business Media LLC., 2008, e-ISBN: 978-0-387-69933-2
 19. Plasencia, Yenisel et al.: A Study on Representations for Face Recognition from Thermal Images. In CIARP 2009, LCNS 5856, pp. 185-192, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009
 20. Prokoski, Francine J. a Robert B. Riedel: Infrared Identification of Faces and Body Parts. Michigan State University, course materials, 2005
 21. Lawlor, Maryann: Thermal Pattern Recognition System Faces Security Challenges Head on. In Signal 52 (3): 64-66, 1997

Spoluautorom článku je Radovan Kováčik, Ústav bezpečnostního inženýrství, Fakulta aplikované informatiky, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

