

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS  
ELEKTRONIKOS KATEDRA

Simonas Lukošius

GYVO ŽMOGAUS ATPAŽINIMAS VAIZDO ĮRAŠE  
NAUDOJANT ODOS SPALVOS KITIMĄ  
Magistro darbas

ŠIAULIAI 2014

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS  
ELEKTRONIKOS KATEDRA

**TVIRTINU:**

Katedros vedėjas:

doc. Prof. G. Daunys

2014 06

GYVO ŽMOGAUS ATPAŽINIMAS VAIZDO ĮRAŠE  
NAUDOJANT ODOS SPALVOS KITIMĄ

Signalų technologijos magistro darbas

**Vadovas:**

doc. Dr. Donatas Dervinis

2014 06

**Recenzentas:**

doc. Prof. G. Daunys

2014 06

**Atliko:**

RM12 gr. stud.  
Simonas Lukošius

2014 06

ŠIAULIAI 2014

Lukošiūnas S. Live Human Recognition in Video Using Skin Colour Changes. Thesis of Signal Technology Master. Engineering and research adviser D. Dervinis; Electronics Department, Technology and Nature Sciences Faculty, Šiauliai University. – Šiauliai, 2014. – 46 p.

## **SUMMARY**

Biometric identification from facial features is getting more commonly used in real world applications. However all methods that are used today share one common weakness – they are unable to differentiate between live human and spoofing attempt. In security sensitive applications this can become serious threat. In this thesis live human recognition in video using skin color changes solution is proposed.

In first chapter various anti-spoofing methods are reviewed. Followed by analysis of possible methods to obtain sensible skin color change signal, as well as physical and biological processes, that make detection of this signal possible.

Next chapter deals with creation of algorithm, which uses proposed method for live human identification. Various steps, such as high pass filter or face detection and tracking are discussed. In chapter's end, full algorithm is presented.

Algorithm is further tested with six different people. Two original and four spoofing videos are created for each person. Analysis of test results indicates, that proposed algorithm works exceptionally well against photo attacks. Performance with video attacks is lacking, but acceptable. Immunity to noise, which results from person moving in video, is relatively poor.

# TURINYS

<b>SUMMARY .....</b>	<b>3</b>
<b>TURINYS.....</b>	<b>4</b>
<b>PAVEIKSLAI.....</b>	<b>5</b>
<b>LENTELĖS .....</b>	<b>6</b>
<b>GRAFIKAI.....</b>	<b>6</b>
<b>ĮŽANGA.....</b>	<b>7</b>
DARBO TIKSLAS .....	8
UŽDAVINIAI .....	8
<b>1. LITERATŪROS APŽVALGA.....</b>	<b>9</b>
PANAŠŪS SPRENDIMAI .....	9
VEIDO ODOS SPALVOS KITIMAS DĖL KRAUJO TEKĖJIMO .....	11
SPALVOTI SKAITMENINIAI VAIZDO JUTIKLIAI .....	13
<b>2. EKSPERIMENTINĖ DALIS .....</b>	<b>15</b>
VAIZDO FIKSAVIMAS.....	15
ODOS SPALVOS KITIMO SIGNALO APTIKIMAS .....	16
ŽEMŲ DAŽNIŲ FILTRAS .....	17
KONTROLINIŲ VAIZDO ĮRAŠŲ BANDYMAS .....	19
VEIDO APTIKIMAS IR SEKIMAS .....	21
VEIDO ODOS IŠSKYRIMAS.....	24
GYVO ŽMOGAUS BUVIMO ĮRAŠE NUSTATYMAS .....	27
SLENKSTINIŲ VERČIŲ IR KONSTANTŲ NUSTATYMAS .....	29
ALGORITMAS .....	31
<b>3. BANDYMAI.....</b>	<b>32</b>
BANDYMŲ METODOLOGIJA .....	32
TIKĖTINI REZULTATAI .....	33
BANDYMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ .....	34
<b>IŠVADOS.....</b>	<b>37</b>
<b>LITERATŪRA.....</b>	<b>38</b>
<b>PRIEDAI.....</b>	<b>40</b>
1 PRIEDAS. MATLAB PROGRAMOS SCENARIJUS.....	41
2 PRIEDAS. KOMPAKTINIS DISKAS .....	46

## PAVEIKSLAI

1 pav. Google Street View sulietas piešinio veidas.....	7
1.1 pav. Stereoskopinė kamera.....	9
1.2 pav. Gyvo žmogaus veidas, apdorotas kraštinių radimo funkcija kairėje ir taip pat apdorota imitacija dešinėje. ....	11
1.3 pav. Deguonies ir anglies dioksido prisotinto hemoglobino absorbcijos spektras [11]. ....	11
1.4 pav. Originalaus vaizdo įrašo kadrai viršuje ir tie patys kadrai su paryškintu spalvos kitimu apačioje [9]. ....	12
1.5 pav. Žmogaus pulso nustatymas pagal odos spalvos kitimą [10]. ....	12
1.6 pav. Bayer spalvų filtro matrica, matrica kairėje – mėlyna, viduryje – žalia, dešinėje – raudona. ....	13
1.7 pav. Bayer filtro jautrumas spalvoms [12] .....	14
2.1 pav. Gyvo žmogaus atpažinimo vaizdo įrašė loginė veiksmų grandinė.....	15
2.2 pav. Dominančio regiono filmuojamame vaizde pasirinkimas. ....	16
2.3 pav. Aptiktas veidas su pažymėtais sekamais veido bruožais .....	22
2.4 pav. Odos aptikimo kadre ir jos vidutinės spalvos išsaugojimo algoritmas.....	25
2.5 pav. Originalus vaizdas ir aptikta veido oda.....	25
2.6 pav. Gyvo žmogaus buvimo vaizdo įrašė įvertinimo algoritmas .....	28
2.7 pav. Darbe siūlomo sprendimo algoritmas .....	31
3.1 pav. Apgaulės imitacijos vaizdo įrašo kūrimas .....	32

## LENTELĖS

3.1 lent. Bandymuose dalyvavusių žmonių pagrindinės savybės.....	33
--	----

## GRAFIKAI

2.2 graf. Neapdorotų signalų Furjė transformacijos.....	17
2.1 graf. Gauti spalvų kitimo laike signalai.....	17
2.3 graf. Aprašytu filtru apdoroti spalvų kanalų signalai (raudonas viršutinis, žalias vidurinis ir mėlynas apatinis).....	19
2.4 graf. Apdorotų kanalų spektrai.....	19
2.5 graf. Sienos vaizdo spalvų kitimo spektrai.....	20
2.6 graf. Viršugalvio regiono spalvų kitimo spektrai.....	20
2.7 graf. Spalvos kitimo spektrai žmogui judinant galvą.....	21
2.8 graf. Spalvos kitimo signalų spektras naudojant veido sekimą.....	23
2.9 graf. Trikdžiai dėl galvos sukiojimo.....	24
2.10 graf. Odos spalvos kitimo signalo spektrai, panaudojant odos spalvos aptikimą.....	26
2.11 graf. Spalvų kitimo spektrai, gauti panaudojant odos spalvos kitimą, kai veidas silpnai judinamas.....	26
3.1 graf. Algoritmo bandymų rezultatų statistika.....	34
3.2 graf. Odos spalvos kitimo signalai vaizdo įrašė.....	35
3.3 graf. Originalaus įrašo signalo spektras kairėje ir jo imitacijos – kairėje.....	36

## IŽANGA

Ilgą laiką skaitmeninis žmogaus tapatybės nustatymas buvo tik įdomi informatikos mokslo problema, neturinti praktinio pritaikymo dėl itin brangios įrangos. To priežastis – labai ribti kompiuterių skaičiavimo resursai, neleisdavę atlikti skaičiavimų reikiamu greičiu. Tačiau kompiuterinės technologijos – viena greičiausiai besivystančių mokslo šakų, tad beveik bet kuris namų kompiuteris dabar gali apdoroti vaizdo medžiagą realiu, ar beveik realiu, laiku.

Nenuostabu, jog atsiradus įrangai, leidžiančiai sukurti ekonomiškai pagrįstą įrangą, tapatybės nustatymas pagal biometrinius veido duomenis iš mokslinės fantastikos ir mokslininkų tezių ėmė keltis į realų gyvenimą. Daug dėmesio asmens tapatybės nustatymui skyrė įvairios šalys (ypač Jungtinės Amerikos Valstijos) ir socialiniai tinklai [1]. Teigiama, jog Facebook socialiniame tinkle naudojamas veidų atpažinimo algoritmas žmones atpažysta taip pat gerai, kaip ir žmogus.

Žinant apie tokį veidų atpažinimo tikslumą gali būti keista, jog policijoje, pasienio postuose ir kitur, dokumentus ir tapatybę vis dar tikrina žmonės. To priežastis paprasta – praktiškai visi tapatybės nustatymo algoritmai lauko sąlygomis veikia prastai. Tai bandoma išspręsti didinant algoritmų jautrumą veido požymiams. Dėl to šiuolaikiniai algoritmai dažnai žmonių veidus aptinka



1 pav. Google Street View sulietas piešinio veidas

piešiniuose (1 pav.), statulose ir kitur.

Sulietas statulos veidas didelių nepatogumų gal ir nesukelia, tačiau parodo, kaip lengva apgauti žmogaus tapatybę turintį nustatyti algoritmą vietoje tikro žmogaus parodant tik jo nuotrauką ar vaizdo įrašą. Dėl šios priežasties tapatybės nustatymas pagal veido bruožus naudojamas nekritiškose srityse, o saugumui jautriose - sprendimai paprastai paliekami žmogui.

Pagrindinė problema šioje situacijoje ta, kad tapatybės nustatymo algoritmai negali atskirti realaus žmogaus nuo imitacijos, todėl reikalingas būdas, galintis tai atskirti. Šiame darbe pateiktas sprendimas gyvo žmogaus nustatymui naudoja žmogui būdingą fiziologinį reiškinį – širdies plakimą.

## **DARBO TIKSLAS**

Sukurti ir išbandyti algoritmą, atpažįstantį gyvą žmogų vaizdo įrašė pagal odos spalvos kitimą.

## **UŽDAVINIAI**

Sukurti algoritmą, aptinkantį odos spalvos kitimo dėl kraujo tekėjimo signalą ir pagal jį įvertinantį ar vaizdo įrašė gyvas žmogus, ar imitacija.

Išbandyti ir įvertinti algoritmo gebėjimą vaizdo įrašė nustatyti gyvą žmogų.

Įvertinti odos spalvos kitimo signalo tinkamumą gyvo žmogaus nustatymui vaizdo įrašė.



# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

Šiame skyriuje apžvelgiami įvairūs metodai bei sprendimai skirti darbui su realių žmonių nustatymu vaizdo įrašė ir apsauga nuo apgaulės. Taip pat apžvelgiamos technologijos, naudojamos šiame darbe, bei fiziologiniai reiškiniai, kuriais remiasi darbe pateikiamas gyvo žmogaus nustatymo sprendimas.

## PANAŠŪS SPRENDIMAI

Yra sukurta daugybė įvairių metodų, turinčių atpažinti gyvą žmogų. Tačiau šis uždavinys pasirodė besąs itin sudėtingas – iki šiol nė vienas pasiūlytas būdas negali užtikrintai atskirti realaus žmogaus nuo imitacijos [2]. Toliau pateikiami keli kitų autorių siūlomi sprendimai.

### Trimatis veido identifikavimas

Dažniausiai naudojamas asmens identifikavimui, tačiau taip pat efektyviai atskiria realius veidus nuo paveikslų, atvaizdų kompiuterio ar planšetės ekrane. Gerai suprojektuota sistema taip pat atspari ir nuotraukos sulenkimui.

Tokiose sistemose naudojamas 3D skeneris arba stereoskopinis vaizdas iš dviejų, šalia



1.1 pav. Stereoskopinė kamera

viena kitos esančių, kamerų (1.1 pav.). Specialiai apmokytas virtualus neuromų tinklas lygina iš stereoskopinės kameros gautą vaizdą su vidutinius žmogaus veido bruožus atspindinčia kauke [2].

Gyvo žmogaus nustatymas taip pat gali būti atliekamas abiejų kamerų vaizduose surandant reikšmingus regionus (akis, burną, nosies galiuką ir pan.) ir lyginant jų atstumus nuo kameros tarpusavyje. Jei atstumų skirtumai mažesni už nustatytą slenkstinę vertę – prieš kamerą laikoma nuotrauka, arba planšetė su žmogaus atvaizdu ekrane, priešingu atveju – prieš kamerą stovi žmogus [4].

Privalumai:

Efektyviai atskiria veidus nuo jų atvaizdų ekrane ar nuotraukoje.

Trūkumai:

Didelė įrenginių kaina (ypač 3D skenerių)

Prasto dizaino sistemas galima apgauti sulenkiant nuotrauką.

Negali atskirti kaukių.

Didesnis skaičiavimo resursų poreikis.

### **Žmogaus veidui būdingų judesių detekcija**

Įvertinant, ar vaizdo įrašė užfiksuotas gyvas žmogus, naudojama veido mimikų kaita, akių judesiai, gali būti prašoma ką nors pasakyti, o tuomet vertinama lūpų judesių ir garso sinchronizacija. Realus žmogaus identifikavimui gerai tinka akių judesiai ir mirksėjimas, nes tai iš dalies nevalingi veiksmai (ypač mirksėjimas), todėl gerai tinka atskiriant realų žmogų nuo imitacijos. Naudojant akių judesius, nustatomas vyzdžių judėjimas viso veido atžvilgiu. Jei judesys viršija nustatytą ribinę vertę, laikoma, jog prieš kamerą yra realus žmogus.

Žmogaus identifikacijai taip pat gerai tinka akių mirksėjimo fiksavimas. Statistiškai žmogus per minutę sumirksi 15 - 30 kartų, bei trunka apie 250 ms [5]. Naudojant šį metodą pirmiausia identifikuojamos akys, o po to ieškoma kadru sekos, kurioje užfiksuotas akies sumirksėjimas.

Privalumai:

Nereikalinga sudėtinga įranga.

Išnaudojamą natūralūs, dažnai nevalingi, judesiai.

Trūkumai:

Galima apgauti su gerai pagaminta kauke arba pateikiant vaizdo įrašą.

### **Nuo veido atspindinčios šviesos spektro vertinimas**

Žmogaus odos atspindimos šviesos spektras skiriasi nuo įvairių kitų medžiagų, kurios gali būti naudojamos veido imitavimui (labiausiai tai išryškėja nematomų bangų (IR, UV ir t.t.) fone [6]. Todėl žinant šviesos, kuria apšviečiamas fiksuojamas veidas spektrą, galima nustatyti vaizdo kadre esančio objekto atspindžio savybes.

Sistemoje, kuri naudoja šį metodą, erdvė prieš kamerą apšviečiama žinomo spektro šviesa (pavyzdžiui naudojant šviesos diodus išdėstytus aplink kamerą, fiksuojamas vaizdas, gaunamas objekto atspindžio spektras, jis lyginamas su žmogaus odos spektru.

Privalumai:

Atsparus beveik bet kokiam apgaulės būdui.

Gali būti naudojama nebrangi įranga.

Trūkumai:

Skirtingų odos spalvų atspindžio spektrai skirtingi.

Pašalinė šviesa gali trukdyti patikimam sistemos veikimui.

Būtina papildoma įranga.

## Vaizdo parametrų skirtumų tarp originalo ir imitacijos vertinimas

Šie metodai remiasi idėja, kad gyvo žmogaus veido vaizdas visuomet skiriasi nuo nuotraukos ar vaizdo įrašo. Dažniausiai bandoma išnaudoti vaizdo kokybės arba tekstūros skirtumus.

Vienas paprastesnių metodų yra aukštų dažnių fiksuojamame vaizde vertinimas. Jei prieš kamerą rodoma imitacija, panaudojant monitorių ar planšetę, ryškūs vaizdo taškai apšviečia gretimus tamsesnius vaizdo taškus, todėl vaizdas gaunamas truputį sulietas. Tokį veido atvaizdą apdorojant kraštinių radimo funkcijomis, randama ženkliai mažiau kraštinių (žr. 1.2 pav.), kei jų būtų jei prieš kamerą stovėtų gyvas žmogus. Pagal tai galima spręsti, jog prieš kamerą rodoma imitacija [7].



1.2 pav. Gyvo žmogaus veidas, apdorotas kraštinių radimo funkcija kairėje ir taip pat apdorota imitacija dešinėje.

Sudėtingesnis metodas remiasi teorija, jog gyvo žmogaus atvaizdo ir imitacijos tekstūros turi skirtis. Šio skirtumo aptikimui yra naudojama vietinių dvejetainių sekų metodo (angl. Local Binary Pattern) generuojamų dvejetainių sekų histogramų kitimą laike [8]. Apdorojant gyvo žmogaus atvaizdą gaunamos dvejetainės sekos skiriasi, nuo tų, kurios gaunamos apdorojant prieš kamerą laikomos nuotraukos vaizdą. Remiantis darbo autoriais, jų siūlomo metodo tikslumas viršija 90%.

Privalumai:

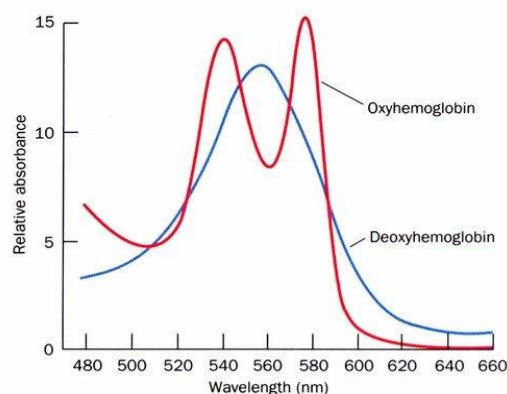
Paprasta įranga.

Tinkamai suprojektuota sistema gerai tinka apgaudinėjimo atpažinimui.

Trūkumai:

Šiuolaikinių planšečių ekrano rezoliucija itin didelė, todėl skirtumas tarp realaus žmogaus ir imitacijos gali būti itin nežymus.

## VEIDO ODOS SPALVOS KITIMAS DĖL KRAUJO TEKĖJIMO

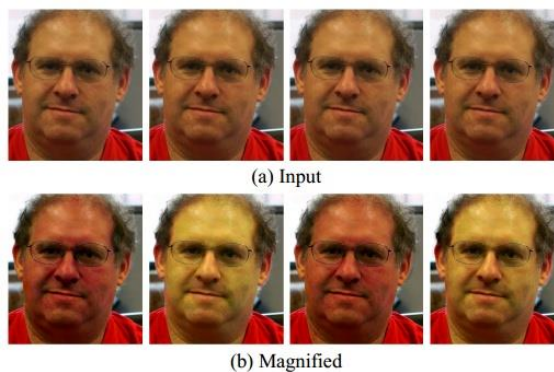


1.3 pav. Deguonies ir anglies dioksido prisotinto hemoglobino absorbcijos spektras [11].

Po kiekvieno širdies dūžio į odos kapiliarus patenka deguonies prisotintas hemoglobinas (oxihemoglobinas angl. – oxyhemoglobin), kuris atiduoda deguonį odos ląstelėms ir iš jų paima anglies dioksidą, tapdamas anglies dioksidu prisotindu deoxihemoglobinu (angl. – deoxyhemoglobin) [11]. Oxihemoglobino ir deoxihemoglobino absorbuojamos šviesos spektrai yra skirtingi (žr. 1.3 pav.). Dėl šios priežasties arterinis kraujas yra ryškiai raudonas, o veninis – rusvas.

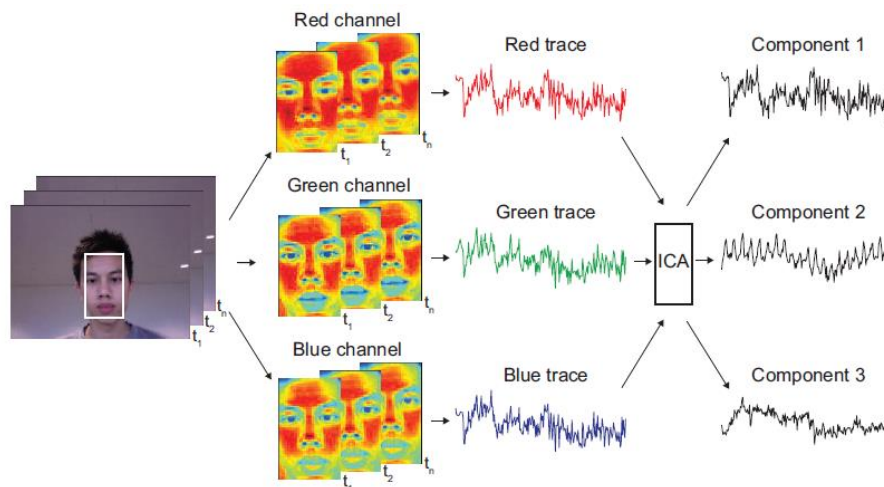
Taip pat dėl šios priežasties po kiekvieno širdies dūžio žmogaus oda truputį parausta, o po to pašviesėja. Šis kitimas ryškiausias vietose, kur oda ploniausia, pavyzdžiui kaktos regione. Šis odos spalvos pokytis toks nežymus, jog žmogus jo matyti negali. Tačiau skaitmeninės kameros šį kitimą užfiksuoja ir, vaizdo įrašą teisingai apdorojant, jis gali būti išryškintas (žr. 1.4 pav.).

Spalvos kitimo ryškinimas atliekamas kiekvienam įrašo vaizdo taškui (pikseliui) sudarant jo vertės kitimo įrašo kadruose signalą [9]. Šis signalas filtruojamas skaitmeniniu filtru,



1.4 pav. Originalaus vaizdo įrašo kadrai viršuje ir tie patys kadrai su paryškintu spalvos kitimu apačioje [9].

kurio parametrai parenkami dominančio signalo dažnio filtravimui. Filtruoto signalo amplitudė padidinama kiek reikia. Pirminis signalas sudedamas su apdorotu. Šis signalas įrašomas į pradinio vietą. Taip apdorojus kiekvieną vaizdo tašką, gaunamas įrašas su paryškintu signalu, kuris mus domina (šiuo atveju veido spalvos kitimu dėl tekančio kraujo).



1.5 pav. Žmogaus pulso nustatymas pagal odos spalvos kitimą [10].

Toks vaizdo apdorojimo būdas reikalauja daug skaičiavimo resursų ir labiau tinka vizualiniam situacijos įvertinimui. Žmogaus gyvbingumui vaizdo įrašė įvertinti geriau tinka jo

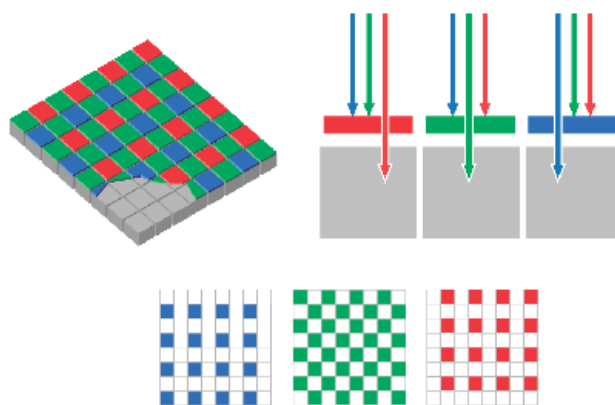
pulso aptikimas [10]. Naudojant šį metodą, pirmiausia aptinkamas žmogaus veidas vaizdo įrašė. Regionas aplink aptiktą veidą išskirstomas į atskirus spalvų kanalus. Iš kiekvieno kanalo vaizdo taškų vidurkių sukuriama vidutinės vaizdo taškų vertės kitimo signalai. Signalai apdorojami nepriklausomų komponentų analizės algoritmu (angl. – Independent Component Analysis), kuris signalus išskiria į atskirų komponentų signalus, šiems signalams atliekama Furjė transformacija bandant nustatyti širdies pulso dažnį (žr. 1.5).

Šio metodo rezultatas – širdies pulso signalo spektras, kurį galima panaudoti, kaip kriterijų, vertinant ar vaizdo įrašė užfiksuotas žmogus. Signalas nebuvimas reikštų jog prieš kamerą yra žmogaus imitacija.

## SPALVOTI SKAITMENINIAI VAIZDO JUTIKLIAI

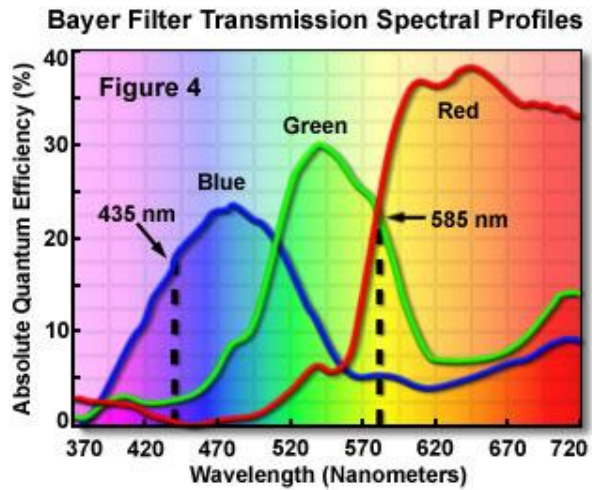
Šiuo metu skaitmeninėse vaizdo kamerose naudojami dviejų rūšių vaizdo jutikliai – CCD (Charge Coupled Device) ir CMOS (Complementary MOS). CCD jutikliuose kiekvienas vaizdo taškas sudarytas iš puslaidininkinio kondensatoriaus. Ant kondensatoriaus krentanti šviesa jį įkrauna. Šviesos intensyvumas nulemia kondensatoriaus įtampą, kuri konvertuojama į šviesos ryškumo vertę. CMOS jutikliuose vaizdo taškai sudaryti iš fotodiodų ir signalo stiprinimo grandinių. Šiuose jutikliuose šviesos intensyvumas tiesiogiai konvertuojamas į įtampą.

Abiejų jutiklių tipų vaizdo taškai yra jautrūs plačiam šviesos spalvų diapazonui, todėl be papildomos įrangos, jų fiksuojamas vaizdas yra nespaltotas. Spaltoto vaizdo gavimui dažniausiai naudojamas Bayer filtras (žr. 1.6 pav.). Tai iš raudoną, žalią ir mėlyną spalvas



1.6 pav. Bayer spalvų filtro matrica, matrica kairėje – mėlyna, viduryje – žalia, dešinėje – raudona.

praleidžiančių kvadratėlių sudaryta mozaika. Kiekvienas spaltotas kvadratėlis dedamas virš vaizdo taško, tokiu būdu paverčiant jį jautriu tik vienos spalvos šviesai. 1.6 pav. matoma, kad žalių kvadratėlių yra dvigubai daugiau nei mėlynų arba raudonų. Tai nulemia, kad tokį filtrą naudojantis jutiklis yra dvigubai jautresnis žaliai spalvai, taip pat ir dvigubai atsparesnis triukšmui žalios spalvos kanale.



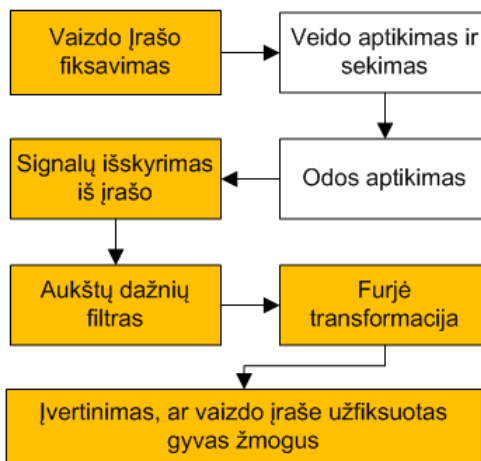
1.7 pav. Bayer filtro jautrumas spalvoms [12]

Lyginant tipinio Bayer filtro jautrumą ir skirtingų spalvų bangos ilgių ribas (žr. 1.7 pav.) su deguonimi ir anglies dioksidu prisotinto hemoglobino spektrais (žr. 1.3 pav.), matoma, kad jutiklio riba tarp raudonos ir žalios spalvų beveik sutampa su hemoglobino absorbcijų spektrų susikirtimo vieta ties 580 nm bangos ilgiu. Dėl šios priežasties vaizdo kameros su tokį filtrą naudojančiais jutikliais yra jautrios odos spalvos kitimui.

## 2. EKSPERIMENTINĖ DALIS

Šiame skyriuje aprašomas gyvo žmogaus aptikimo pagal odos spalvos pokyčius algoritmo idėjos, iškilusios problemos ir jų sprendimai.

Darbe dėmesys skiriamas algoritmo, atpažįstančio gyvą žmogų pagal odos spalvos kitimą sukūrimui ir išbandymui. Todėl algoritmo įgyvendinimui buvo pasirinkta MATLAB programinė įranga. Ši įranga pasižymi itin geru vartotojų palaikymu ir dideliu informacijos bei pavyzdžių kiekiu. Tokiu būdu tikimasi išvengti problemų dėl informacijos trūkumo ir visą dėmesį skirti darbo tikslo įgyvendinimui.



2.1 pav. Gyvo žmogaus atpažinimo vaizdo įrašė loginė veiksmų grandinė

2.1 pav. Pavaizduota algoritmo veikimo idėja. Pirmiausia yra fiksuojamas vaizdo įrašas, kuriame aptinkamas ir sekamas žmogaus veidas. Aptikto veido regione išskiriami vaizdo taškai, atitinkantys veido odą. Šių taškų vidurkio kitimas laike išsaugomas kaip odos spalvos kitimas. Gautas signalas filtruojamas aukštų dažnių filtru, taip pašalinant nuolatinę dedamąją ir žemus, dėl judėjimo atsirandančius trikdžius. Apdorotam signalui atliekama Furjė transformacija. Gautas spektras, signalų išryškinimui, pakeliamas kvadratu. Pagal gautą spektrą, įvertinama, ar vaizdo įrašė – gyvas žmogus.

Paryškinti žingsniai yra būtini algoritmo veikimui, tuo tarpu kiti – atlieka gaunamo signalo kokybės pagerinimo funkciją. Veido sekimas leidžia sumažinti trikdžių, dėl vaizdo judėjimo, įtaką signalo spektrui. Tuo tarpu odos aptikimas padidina ieškomo signalo įtaką fiksuojamame signale, dėl naudingos informacijos neteikiančių vaizdo taškų atmetimo.

### VAIZDO FIKSAVIMAS

Vaizdo įrašų filmavimui buvo naudojamos dviejų nešiojamųjų kompiuterių integruotos internetinės kameros. Įrašymui pasirinktas MATLAB Image acquisition įrankis, dėl galimybės įrašyti tik dominantį filmuojamo vaizdo regioną (žr. 2.2 pav.), keisti kameros rezoliuciją, apšvietimo nustatymus ir kitus parametrus.



2.2 pav. Dominančio regiono filmuojamame vaizde pasirinkimas.

Naudojant vaizdo įrašo suspaudimą gali būti prarandama dalis jame esančios informacijos. Ieškomo signalo amplitudė yra itin maža, todėl, kad informacijos praradimas dėl vaizdo kompresijos neįtakotų rezultatų, įrašymas buvo atliekamas nenaudojant vaizdo suspaudimo, Image acquisition toolbox įrankyje pasirenkant „Uncompressed AVI“ formatą. Kompresijos įtakos įvertinimui taip pat buvo įrašytas MPEG – 4 formato vaizdo įrašas. Visi įrašai išsaugoti naudojant RGB spalvų paletę. Tokiu būdu galima lengvai išskirti skirtingų spalvų signalus.

### **ODOS SPALVOS KITIMO SIGNALO APTIKIMAS**

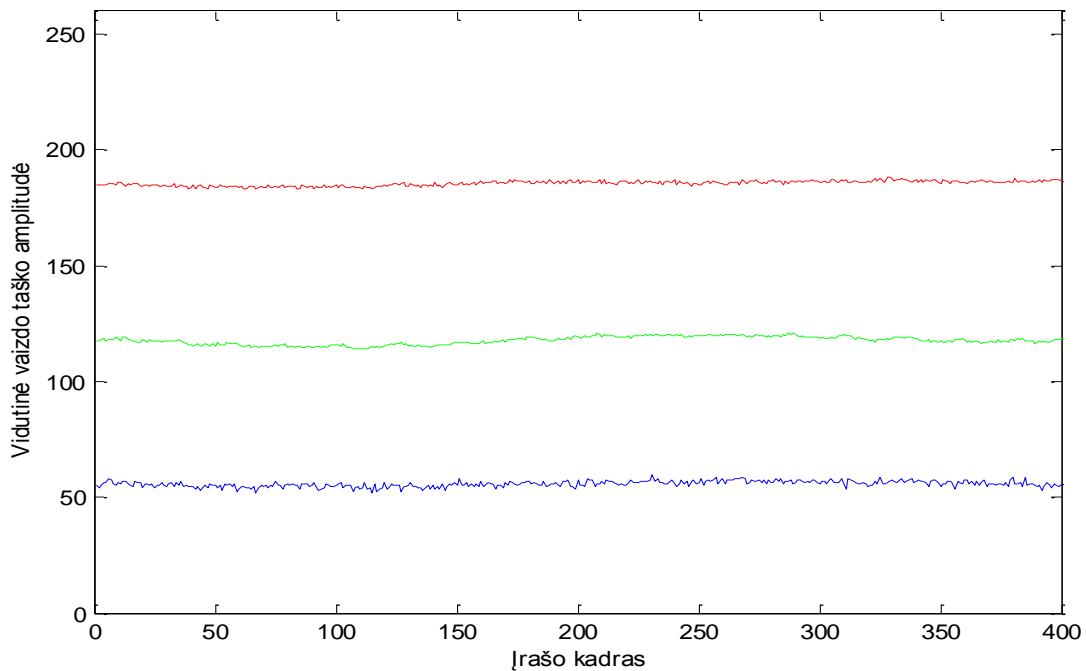
Silpną odos spalvos kitimą, atsirandantį dėl kraujo tekėjimo galima aptikti dviem būdais: vertinant kiekvieną vaizdo tašką atskirai arba vertinant pasirinkto regiono vaizdo taškų vidurkį. Pirmasis metodas, kaip buvo minėta literatūros apžvalgoje, labiausiai tinka vizualiniam situacijos įvertinimui. Todėl šiame darbe naudojamas antrasis.

Analizuojamas spalvotas vaizdas, todėl, apdorojant jį, skaičiuojami trys odos spalvos kitimo signalai (po vieną kiekvienai spalvai). Vidutinės vertės kiekvienam įrašo kadro spalvos kanalui apskaičiuojamos pagal (1) formulę. Odos spalvos kitimas gaunamas vertinant vidutinių verčių kitimą laike.

$$x_{sc} = \frac{\sum_{i=y}^{y+h} \sum_{j=x}^{x+w} a_c(i,j)}{h \cdot w} \quad (1)$$

- Čia:
- $x_{sc}$  – vidutinė pasirinkto spalvos kanalo vaizdo taškų vertė įrašo kadre.
  - $x$  – stebimo regiono pradžios nuokrypis nuo kadro kairio krašto.
  - $y$  – stebimo regiono pradžios nuokrypis nuo kadro viršutinio krašto.
  - $h$  – stebimo regiono aukštis.
  - $w$  – stebimo regiono plotis.
  - $a_c$  – pasirinkto spalvos kanalo vaizdo taško vertė.

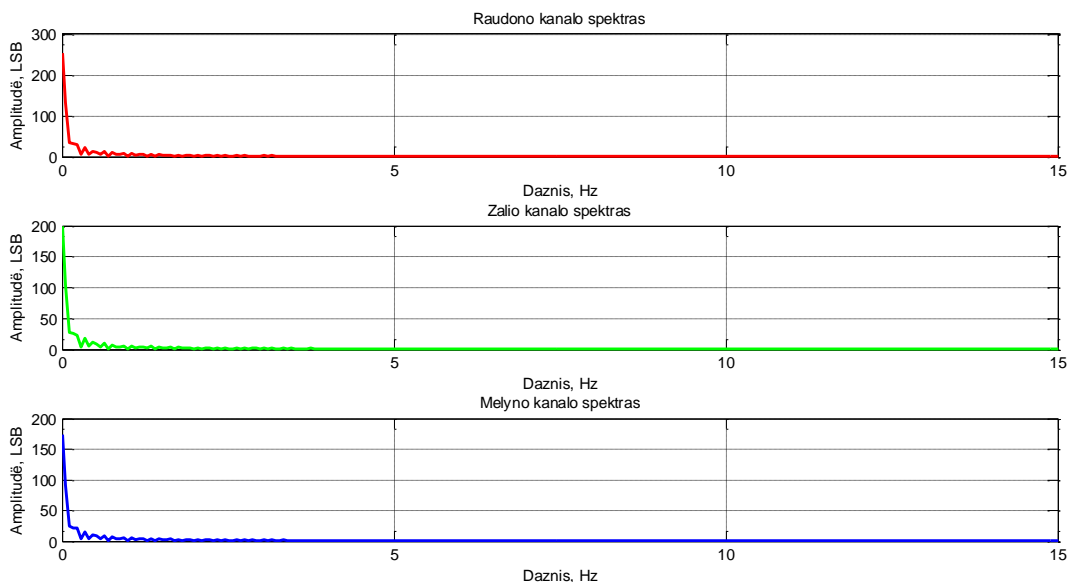




2.1 graf. Gauti spalvų kitimo laike signalai

2.1 grafike pavaizduoti raudonos (viršutinis), žalios (vidurinis) ir mėlynos (apatinis) spalvų kanalų vidutinės vertės kitimo laike signalai stebint veido odą. Galima pastebėti, kad signalų kitimo amplitudės itin mažos. Žalios spalvos kanalo signalas taip pat akivaizdžiai mažiau triukšmingas nei raudonos ar mėlynos.

## ŽEMŲ DAŽNIŲ FILTRAS



2.2 graf. Neapdorotų signalų Furjė transformacijos.

2.1 grafike pavaizduotų signalų Furjė transformacijų rezultatai matomi 2.2 grafike. Nuolatinė dedamoji visiškai užgožia bet kokią naudingą informaciją. Šią problemą galima spręsti dviem būdais: panaudojant lango funkciją arba skaitmeninį filtrą.

Naudojant lango funkciją yra pasirenkama tiriamo signalo atkarpa ir sudauginama su lango funkcijos vertėmis. Norint vertinti kelias signalo atkarpas, kiekvieną iš jų reikia atskirai dauginti su lango funkcija, o tai nėra efektyvu. Dėl šios priežasties nuspręsta naudoti skaitmeninį filtrą.

Skaitmeniniam filtrui iškelti tokie reikalavimai: geras nuolatinės dedamosios pašalinimas, nes ji labiausiai trukdo signalo analizei bei, įvertinant naudojimo mažai skaičiavimo resursų turinčiuose įrenginiuose, paprastas įgyvendinimas programiškai. Įvertinus šiuos poreikius, pasirinktas eksponentinis slenkančio vidurkio (angl. – Exponential Moving Average) filtras. Tai begalinės impulso trukmės skaitmeninis filtras, aprašomas (2) formule.

$$y_n = y_{n-1} \cdot (1 - \alpha) + x_n \cdot \alpha \quad (2)$$

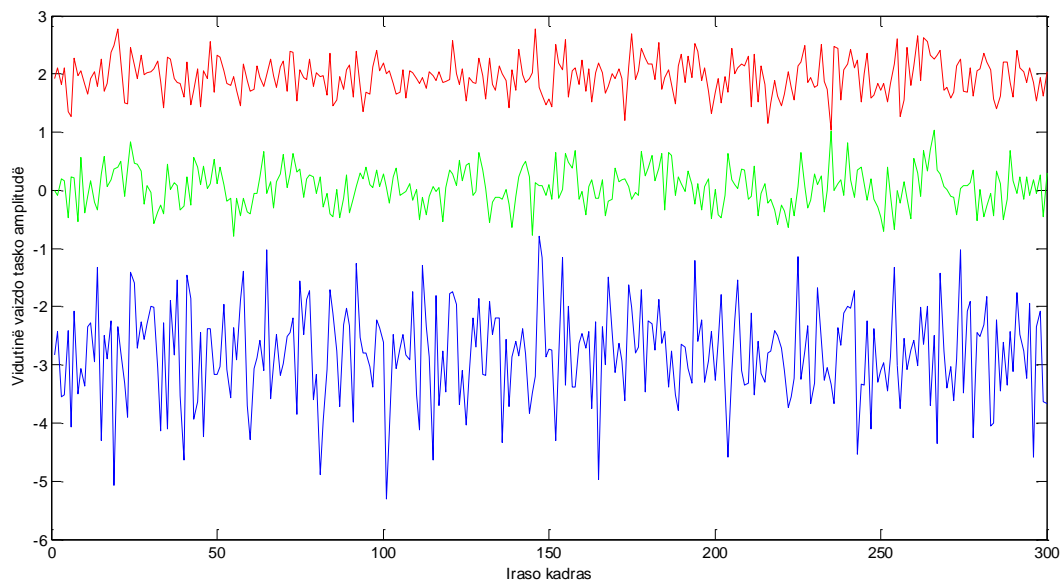
Čia:  $y$  – apdorotas signalas  
 $\alpha$  – filtro koeficientas  
 $x$  – pradinis signalas

$$y2_n = x_n - y_n \quad (3)$$

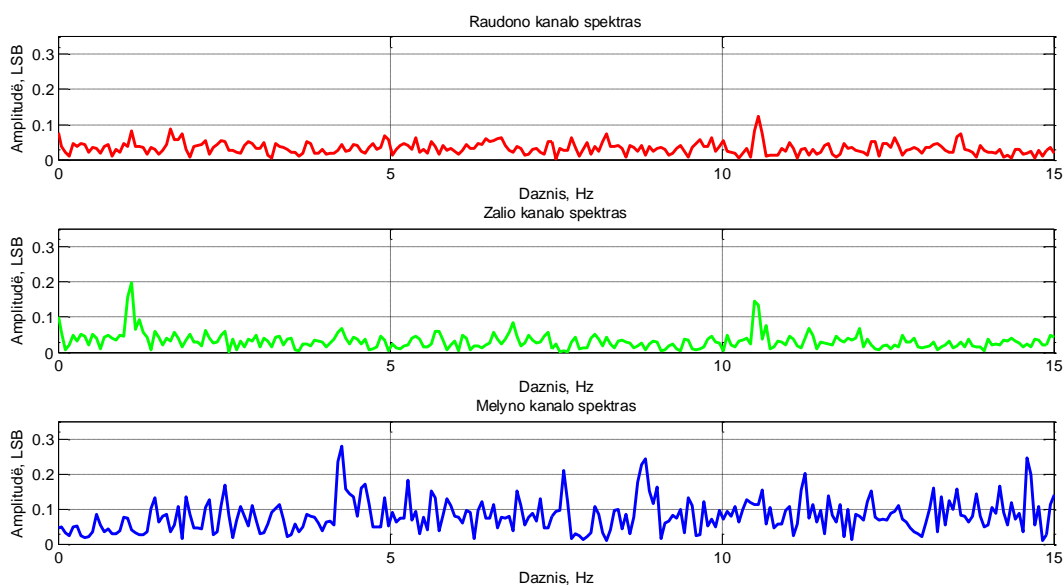
Čia:  $y2$  – signalas, naudojamas skaičiuojant Furjė transformaciją

Metome, jog filtro įgyvendinimas labai paprastas – išeinančio signalo taško vertė yra lygi praitai išeinančiai vertei, padaugintai iš koeficiento  $(1-\alpha)$  pridendant įeinančio signalo vertę, padaugintą iš koeficiento  $\alpha$ . Šis filtras yra žemų dažnių, todėl reikiamas aukštų dažnių signalas gaunamas iš originalaus signalo, turinčio visas dažnines komponentes, atimant filtruotą, turintį tik žemų dažnių komponentes. Tokiu būdu efektyviai pašalinama nuolatinė dedamoji ir algoritmo veikimui nereikalingi žemi dažniai, iškomą pulso signalą paliekant nepakeistą.

2.3 grafike pavaizduoti signalai, apdoroti siūlomu filtru. Tam, kad būtų išvengta išėjimo signalo stabilizacijos laikotarpio, pirmojo  $y_{n-1}$  taško vertė prilyginta  $x_1$ . Šių signalų dažninės Furjė transformacijos grafikas pateiktas 2.4 graf. Panaikinus nuolatinės komponentės ir iti žemų dažnių įtaką, aiškiai matoma signalo dedamoji ties 1 Hz. Galima teigti, jog siūlomas filtras pilnai atitinka jam keliamus reikalavimus – visiškai pašalina nuolatinę dedamąją ir reikalauja itin mažai skaičiavimo resursų.



2.3 graf. Aprašytu filtru apdoroti spalvų kanalų signalai (raudonas viršutinis, žalias vidurinis ir mėlynas apatinis)

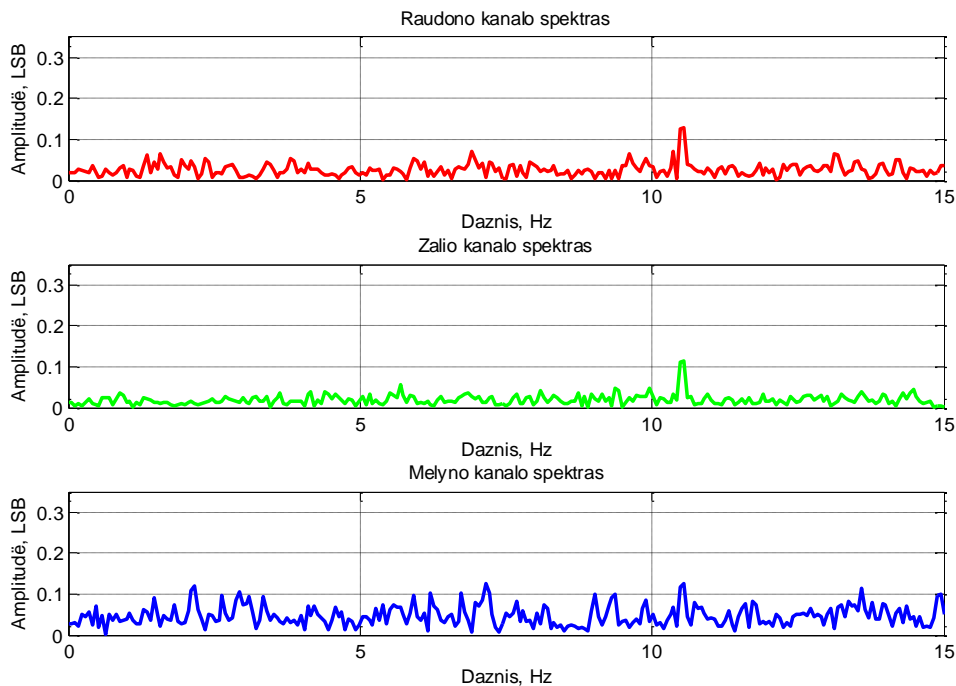


2.4 graf. Apdorotų kanalų spektrai

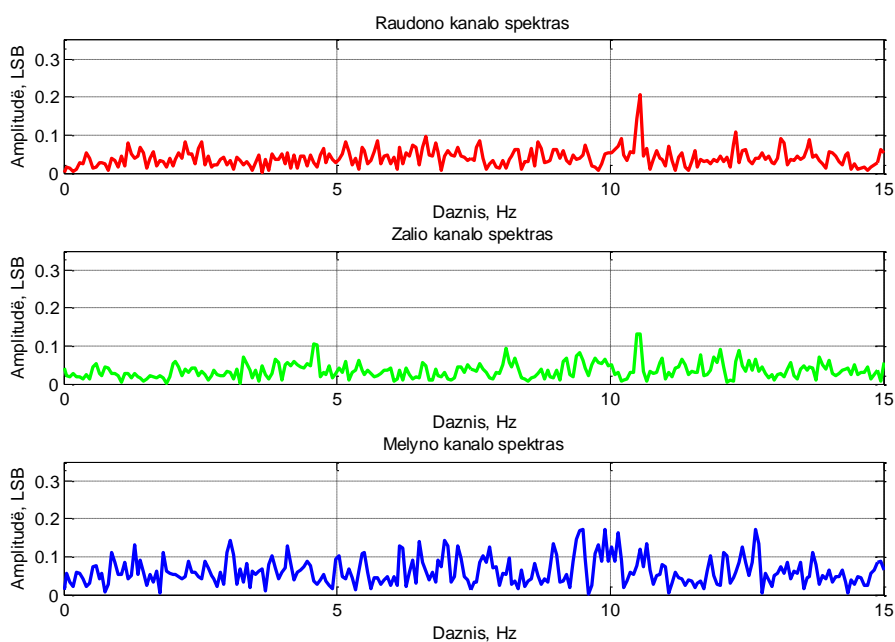
## KONTROLINIŲ VAIZDO ĮRAŠŲ BANDYMAS

2.4 grafiko žalio kanalo signalo spektre aiškiai matoma  $\approx 1\text{Hz}$  spektrinė dedamoji atitinkanti ieškomą dėl odos spalvos kitimo atsirandantį signalą, tačiau būtina įsitikinti, jog tai nėra naudojamos kameros arba dėl galvos judėjimo atsiradęs artifaktas.

Jei artifaktinis signalas atsiranda dėl kameros savybių, tai jis turi pasireikšti visame kadre. Remiantis šia prielaida, buvo pasirinktas veido fonas – į kadrą pakliūvančios sienos regionas, ir apskaičiuoti šio regiono spalvų kitimo laike signalų spektrai (2.5 graf.). Kaip tikėtasi, pulso signalo šiuose signaluose nėra, bet aiškiai matoma  $\approx 1\text{Hz}$  artifaktinio signalo dedamoji, kuri yra matoma ir 2.4 grafike.



2.5 graf. Sienos vaizdo spalvų kitimo spektrai



2.6 graf. Viršugalvio regiono spalvų kitimo spektrai

Kraujo tekėjimas sukelia ne tik odos spalvos kitimą, bet, dėl didelio į galvą tekančio kraujo srauto, vyksta silpnas galvos linkėjimas. Šis procesas, ir jo panaudojimas matuojant žmogaus pulsą plačiai aprašomas [13] literatūros šaltinyje. Signalui atsirandant dėl galvos judėjimo, jis būtų randamas net jei žmogus būtų su kauke. Dėl šios priežasties toks signalas netinka šiame darbe nagrinėjamo sprendimo patikimam veikimui.

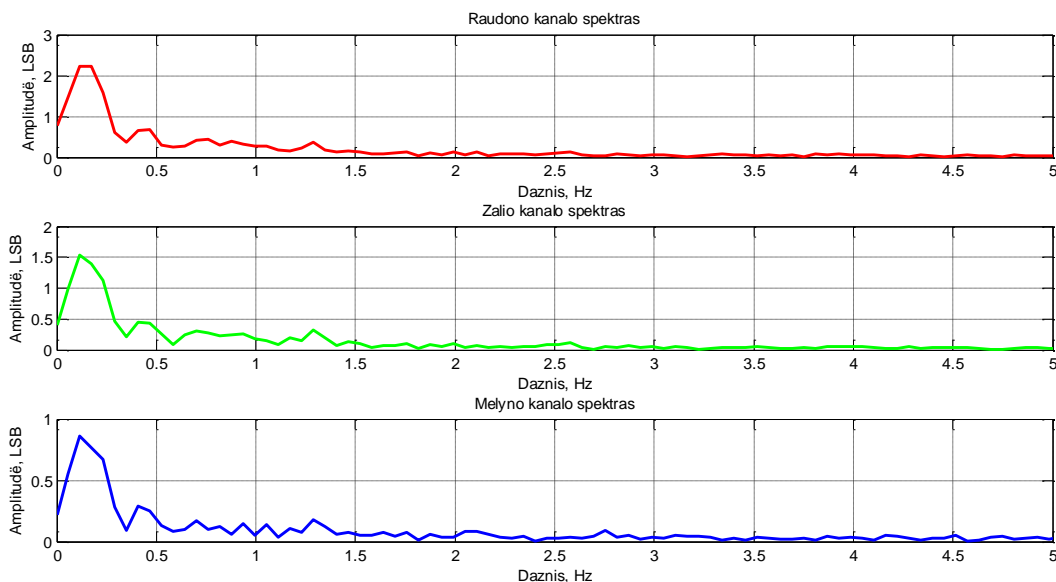
Šios teorijos patikrinimui, buvo pasirinktas regionas, kurio viena dalis aprėpia žmogaus viršugalvį, o kitoje matomas sienos fonas. Jei signalas atsiranda dėl galvos judėjimo, jis turėtų būti aiškiai matomas, nes reguliariai, dėl judėjimo, viršugalvis turėtų užimti skirtingą vaizdo

taškų skaičių pažymėtame regione, o dėl kontrastingų spalvų tai sukeltų spalvos vidurkio kitimą. Šio eksperimento rezultatai pateikti 2.6 grafike. Kaip ir sienos atveju, pulso signalo dedamosios nėra, tačiau matoma artifaktinio signalo dedamoji.

Atlikus eksperimentus su kontroliniais sienos ir viršugalvio vaizdais  $\approx 1\text{Hz}$  signalas atitinkantis žmogaus pulso signalą neaptiktas. Taigi galima teigti, kad 2.4 matoma signalo dedamoji iš tiesų fiksuojama dėl veido odos spalvos kitimo tekant kraujui ir gali būti naudojama gyvo žmogaus atpažinimui.

## VEIDO APTIKIMAS IR SEKIMAS

Visuose iki šiol atliktuose eksperimentuose buvo naudojami įrašai, kuriuose fiksuojamo žmogus galvos nejudina, o regionas, kurio spalvos kitimo laike spektrą norima gauti, pasirenkamas rankiniu būdu. Realiomis sąlygomis toks variantas sunkiai įmanomas. Žmogaus veidas turi būti aptinkamas automatiškai, o žiūrėti į kamerą ar monitorių nejudant, įpač stovint, nėra komfortiška ir tokia sistema potencialiam vartotojui teigiamo įspūdžio tikrai nepaliks.

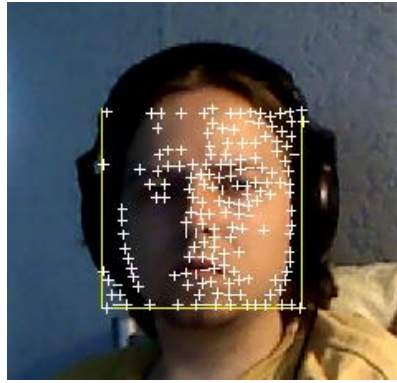


2.7 graf. Spalvos kitimo spektrai žmogui judinant galvą

Darbe siūlomas gyvo žmogaus atpažinimo metodas skirtas naudojimui žmogaus tapatybės atpažinimo pagal veido bruožus sistemose. Atskiros, tik gyvą žmogų nustatančios sistemos naudojimas realiomis sąlygomis nėra tikslingas, tapatybės atpažinimo algoritmuose jau yra įgyvendintas veido atpažinimas ir, priklausomai nuo sistemos, veido sekimas. Dėl šios priežasties, veido atpažinimui ir jo sekimui didelis dėmesys kuriamame algoritme nebuvo skiriamas.

Daug svarbesnė yra judėjimo įtaka gaunamam signalo spektrui. 2.4 grafike matome, kad žmogaus pulso signalo dedamosios amplitudė lygi tik penktadaliui jauniausios skilties vertės, todėl galima įtarti, jog judesys stebimame vaizdo įrašo regione gali sukelti trikdžius, kurie visiškai užgoš odos spalvos kitimo signalą. Galvos judėjimo įtakai gaunamo signalo kokybei įvertinti padarytas vaizdo įrašas, kuriame galva lėtai judinama. Tokio įrašo signalo spektras pateiktas 2.7 grafike. Kaip ir tikėtasi, dėl judėjimo atsirandantis triukšmas visiškai užgožia ieškomą signalą.

### Detected features



2.3 pav. Aptiktas veidas su pažymėtais sekamais veido bruožais

Judėjimo triukšmą galima kompensuoti sekant veido judėjimą vaizdo įrašė. Veido aptikimas ir jo sekimas nėra vienas iš šio darbo tikslų, todėl nuspręsta naudotis MATLAB pateikiamu veido aptikimo ir sekimo algoritmu [14], į jį integruojant visus kuriamo sprendimo elementus. Pagrindinis algoritmo privalumas – žmogaus veidas aptinkamas tik vieną kartą, o po to sekamas pagal veido bruožus (2.3 pav.). veido bruožų sekimas greitesnis ir patikimesnis būdas, nei veido paieška kiekviename kadre.

Aprašytas veido sekimo algoritmas veido buvimo vietą kadre apibrėžia keturkampiu poligonu. Kiekviename kadre ieškoma žinomų veido bruožų, aptiktų veido bruožų koordinatės lyginamos su koordinatėmis iš ankstesnio kadro. Pagal visų taškų koordinatas veidą apibrėžiantis poligonas transformuojamas. Poligono kraštinės dažniausiai nėra lygiagrečios x ar y ašiai, o apibrėžiamas plotas įrašo metu kinta. Tai lemia, kad poligonu apibrėžtų vaizdo taškų vidurkio skaičiavimas yra itin keblus. Ši problema išsprendžiama pagal keturis poligono kampus apskaičiuojant jo, ir tuo pačiu veido, centrą (4, 5 formulė).

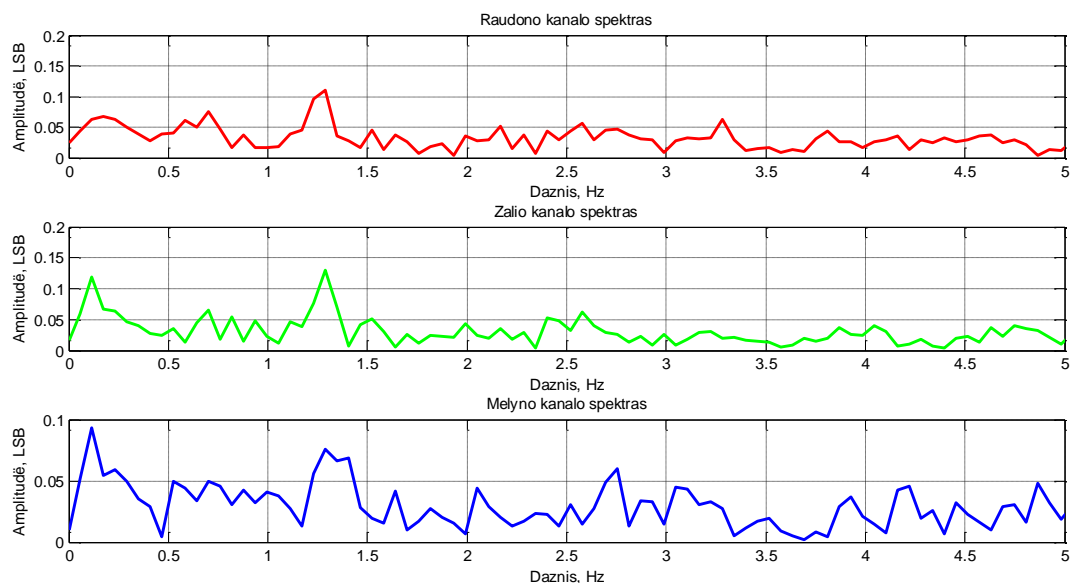
$$x = \frac{\sum_{i=1}^4 p_x(i)}{4} \quad (4)$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^4 p_y(i)}{4} \quad (5)$$

Čia:  $x$  - poligono centro  $x$  koordinatė  
 $y$  - poligono centro  $y$  koordinatė  
 $p_x$  – atitinkamo poligono kampo  $x$  koordinatė  
 $p_y$  – atitinkamo poligono kampo  $y$  koordinatė

Regionu, kurio spalvos vidurkio kitimas naudojamas gyvo žmogaus aptikimo skaičiavimuose, pasirenkamas keturkampis, kurio centras lygus veidą apibrėžiančio poligono centrai. Siekiant išvengti suderinamumo problemų dėl skirtingos vaizdo įrašų rezoliucijos ar veido užimamo ploto kadre, keturkampio dydis lygus dydžiui keturkampio, kuris apibrėžiamas aplink veidą po jo aptikimo (2.3 pav. Keturkampis aplink veidą).

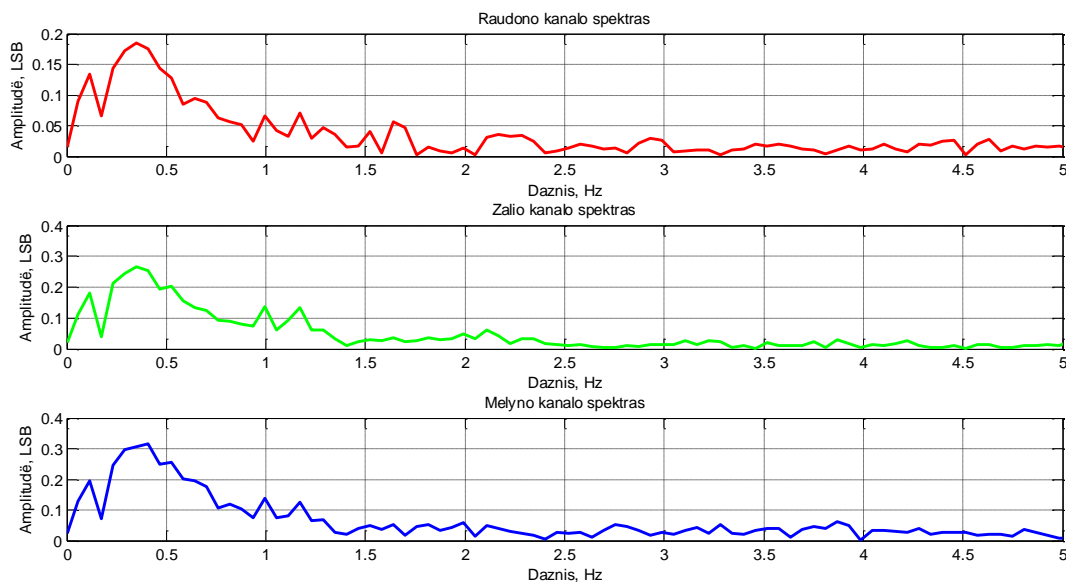
Panaudojant veido sekimą gauto judančio žmogaus veido odos spalvos kitimo spektras pavaizduotas 2.8 grafike. Lyginant su 2.7 grafiku, beveik nebėra judėjimo trikdžių, o odos spalvos kitimo signalo dedamoji aiškiai matoma. Taigi galima teigti, kad veido sekimas reikšmingai pagerina algoritmo veikimo tikslumą.



2.8 graf. Spalvos kitimo signalų spektras naudojant veido sekimą

## VEIDO ODOS IŠSKYRIMAS

Veido sekimas vaizdo įrašė padeda sumažinti dėl judėjimo atsirandančius trikdžius. Deja šis metodas gerai veikia tik tais atvejais, kai veido užimamas plotas stebimame regione nesikeičia. Sukiojant galvą, kameros regėjimo lauke matomas žmogaus veido plotas keičiasi. To pasekmė – atsirandantys odos spalvos kitimo signalo trikdžiai. Šių trikdžių įvertinimui, padarytas vaizdo įrašas, kurio metu veidas pasukamas į šoną. Gautas rezultatas pateikiamas 2.9 grafike. Aiškiai matomi dėl trikdžių atsirandantis triukšmas 0 – 1 Hz ribose.



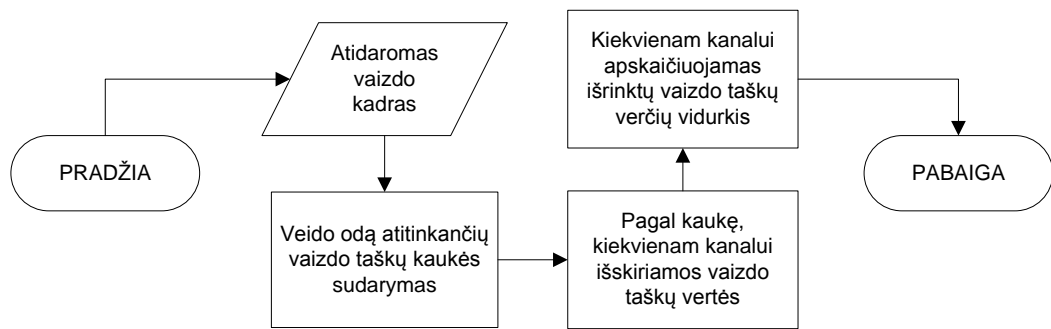
2.9 graf. Trikdžiai dėl galvos sukiojimo

Ne visi vaizdo taškai kadre perneša reikiamą informaciją. Dėl kraujo tekėjimo spalvą keičia tik oda, o visa kita (plaukai, akys, fonas ir kt.), dėl iš viso regiono skaičiuojamo vidurkio, mažina ieškomo signalo dedamosios amplitudę, o dažnai ir prideda papildomo triukšmo. Remiantis šia prielaida, galima teigti, kad vertinant spalvos kitimą tik tų vaizdo taškų, kurie vaizduoja veido odą, gaunamo signalo kokybė turėtų būti daug geresnė. Tokiu būdu taip pat būtų išsprendžiama anksčiau aprašyta problema dėl veido sukiojimo, nes signalas skaičiuojamas tik iš odos vaizdo taškų verčių vidurkio ignoruojant kiek jų iš viso yra matoma stebimame regione.

Odos aptikimas ir vidutinės spalvos nustatymas vykdomas pagal 2.4 pav. pateiktą algoritimą. Pirmiausia pagal tiriamo kadro vaizdo taškų spalvas sudaroma dvimatė loginė matrica atitinkanti vaizdo kadrą. Tie taškai, kurie atitinka odą, pažymimi loginiais vienetais, kiti – nuliais.

Ar vaizdo taškas vaizduoja odą sprendžiama pagal jo spalvą [15]. Automatinis odos spalvos aptikimas, dėl galimų didelių apšvietimo ar odos spalvos skirtumų, yra pakankamai sudėtingas [16], todėl šiame darbe nuspręsta naudoti rankinį odos spalvos pasirinkimą. Tam tikslui prieš vaizdo įrašo apdorojimą, paprašoma pažymėti regioną, kuriame yra veido oda. Veido odos spalva gaunama apskaičiuojant vaizdo taškų vidurkį pasirinktame regione.





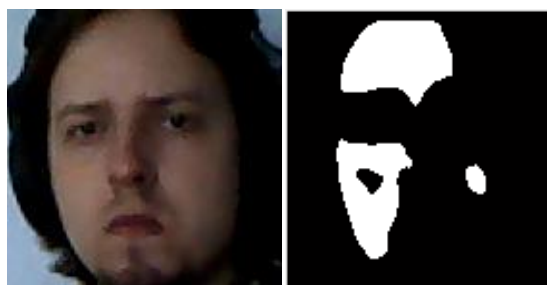
2.4 pav. Odos aptikimo kadre ir jos vidutinės spalvos išsaugojimo algoritmas

Žmona, odos spalva atitinka tam tikrą spalvų intervalą, o ne vieną vertę. Paprasčiausias šio intervalo ribų nustatymo būdas – parinkti intervalo konstantas, kurios nurodytu nuo kokios iki kokios spalvos vaizdo taškas gali būti priskiriamas odai. Optimalūs spalvos intervalai dėl skirtingų žmonių ir aplinkos sąlygų gali būti skirtingi, todėl konstantų naudojimas nėra geras pasirinkimas. Geresnis būdas yra ribomis pasirinkti didžiausias ir mažiausias vertes iš pasirinkto odos spalvos regiono. Vienintelis šio intervalų nustatymo būdo trūkumas – jei bent vieno vaizdo taško vertė pasirinktame regione stipriai skiriasi, gaunamas nepageidaujamai platus odos spalvos intervalas. Šiame darbe galimų odos spalvos verčių intervalo nustatymui panaudota pasirinkto regiono vaizdo taškų verčių standartinis nuokrypis, diapazono praplėtimui padauginant jį iš konstantos (bandymų metu naudota konstanta lygi 2), tokiu būdu gaunamas optimalus spalvų diapazonas. Vaizdo taško priskyrimą aprašo (6) lygtis.

$$\begin{cases} \mu_r - c \cdot \sigma_r < a_r < \mu_r + c \cdot \sigma_r \\ \mu_g - c \cdot \sigma_g < a_g < \mu_g + c \cdot \sigma_g \\ \mu_b - c \cdot \sigma_b < a_b < \mu_b + c \cdot \sigma_b \end{cases} \quad (6)$$

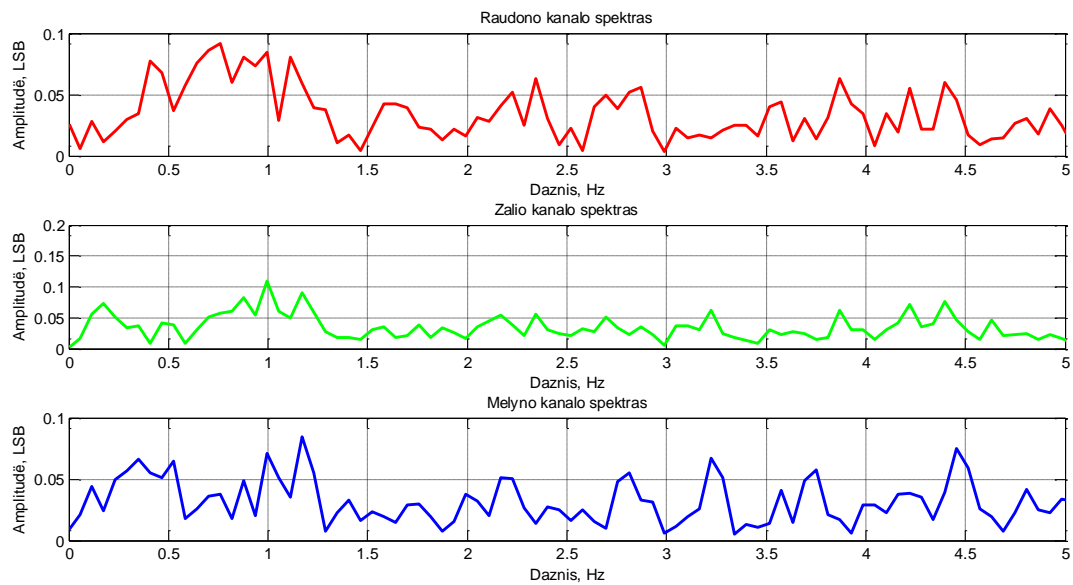
Čia:  $r, g, b$  – spalvos kanalas (raudonas, žalias, mėlynas)  
 $\mu$  – verčių vidurkis pasirinkto regiono spalvos kanale  
 $\sigma$  – standartinė deviacija pasirinkto regiono spalvos kanale  
 $c$  – standartinės deviacijos daugiklis

Po odos aptikimo gautas loginės matricos vaizdas matomas 2.5 pav. Pasirinktas veido odos aptikimo metodas akivaizdžiai neaptinka visos veido odos, tačiau, kadangi skaičiuojamas vaizdo taškų verčių vidurkis, algoritmo veikimui tai didelės įtakos nedaro.



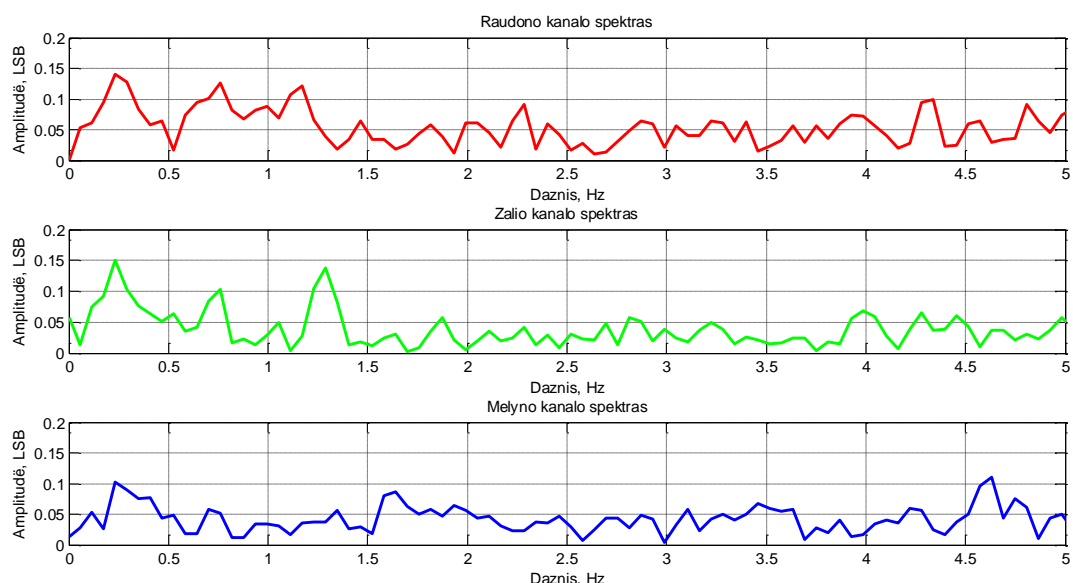
2.5 pav. Originalus vaizdas ir aptikta veido oda

Algoritmo su veido odos aptikimu efektyvumo įvertinimui, juo apdorotas tas pats vaizdo įrašas, kuris buvo naudojamas skaičiuojant 2.9 grafiką. Gauti rezultatai pateikti 2.10 grafike. Aiškiai matomas sumažėjęs triukšmo lygis žalios spalvos kanalo 0 – 1 Hz ribose.



2.10 graf. Odos spalvos kitimo signalo spektrai, panaudojant odos spalvos aptikimą.

Odos aptikimo įtaką signalo triukšmui nuspręsta įvertinti apdorojant vaizdo įrašą, kuriame galva silpnai judinama (tas pats įrašas naudotas skaičiuojant 2.8 grafiką). 2.11 grafike matyti, kad, lyginant su 2.8 grafiku, yra padidėjęs triukšmo lygis žemuose dažniuose. Taip nutinka, nes naudojamas odos aptikimo būdas kiekviename kadre odą aptinka nepriklausomai nuo kitų kadru, o tai sukelia pašalinio triukšmo atsiradimą dėl nevienodo skaičiaus vaizdo taškų priskyrimo odai. Tad galima teigti, kad odos aptikimas ir ją atitinkančių vaizdo taškų verčių naudojimas skaičiuojant odos spalvos kitimo signalą, sumažina pašalinio triukšmo lygį, kai žmogus vaizdo kadre sukioja galvą, tačiau tais atvejais, kai judėjimas nedidelis – signalas/triukšmas santyki pablogina.



2.11 graf. Spalvų kitimo spektrai, gauti panaudojant odos spalvos kitimą, kai veidas silpnai judinamas

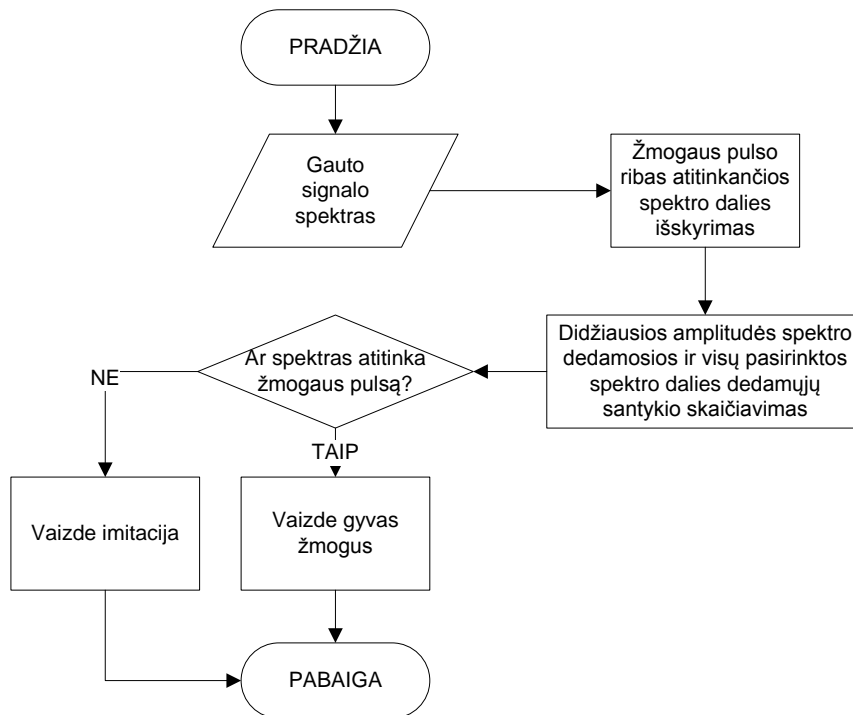
## GYVO ŽMOGAUS BUVIMO ĮRAŠE NUSTATYMAS

Panaudojant aprašytus metodus galima gauti pakankamai tikslų odos spalvos kitimo vaizdo įrašė signalo spektrą. Tačiau norint nustatyti gyvo žmogaus buvimą įrašė, būtinas metodas šį signalą konvertuoti į kiekybinį parametą, pagal kurį būtų galima vertinti ar vaizdo įrašė užfiksuotas gyvas žmogus, ar imitacija.

Pažvelgus į gaunamus signalų spektrus, daugeliu atvejų nesunkiai galima identifikuoti žmogus pulso spektro dedamąją, o ją radus (ar neradus), pasakyti ar vaizde gyvas žmogus. Žmogaus smegenys apdoroja matomą vaizdą milijardais neuronų ir nesunkiai randa asociacijas tarp matomo vaizdo ir turimų žinių. Panaudojant dirbtinius neuronų tinklus, panašų procesą galima naudoti ir kompiuteryje [17]. Į tokio tinklo įėjimą būtų paduodamas gautas odos spalvos kitimo signalas, o žmogaus pulsą atpažinti apmokytas algoritmas pateiktų atsakymą. Deja šis metodas turi rimtų trūkumų, trukdančių jo panaudojimą šiame darbe. Visų pirma, neuronų tinklo apmokymui reikalinga pakankamai didelė duomenų bazė, kurią sukurti ir paruošti nebuvo galimybių. O naudojant per mažą – neuronų tinklai linkę priprasti atpažinti tik labai specifinius atvejus. Prisitaikymas prie dažniausiai pasitaikančių atveju taip pat keltų problemų net ir naudojant dideles duomenų bases. Vyresnio nei 10 metų sveiko žmogaus pulso dažnių intervalas ramybės būsenoje yra tarp 40 ir 100 dūžių per minutę, tačiau šis pasiskirstymas nėra tolygus. Dažniausiai pulsas būna artimas 60 dūžių per minutę. Dėl šios priežasties dirbtinis neuronų tinklas, apmokytas su vidutinę – žmonių populiaciją atspindinčiais pavyzdžiais, bus linkęs geriau vertinti žmones, kurių pulsas netolimas vidurkiui ir daug prasčiau tuos, kurių pulsas, pavyzdžiui, yra 100 dūžių per minutę.

Įvertinus galimybes, šiame darbe buvo nuspręsta naudoti labai paprastą gyvo žmogaus buvimo įrašė vertinimo metodą. Jis remiasi šiais teiginiais:

- Pulso signalo spektro dedamosios dažnis turi patekti į ribas, kuriose žmogaus pulsas yra galimas. T.y. negali būti, kad žmogaus pulso dažnis lygus 4 Hz (240 bpm).
- Signalas turi aiškiai išsiskirti iš triukšmo.
- Signalo amplitudė turi būti didesnė ar lygi mažiausiai leistinai amplitudei.
- Signalo amplitudė negali būti didesnė už didžiausią leistiną.



2.6 pav. Gyvo žmogaus buvimo vaizdo įrašė įvertinimo algoritmas

Gyvo žmogaus buvimo įrašė įvertinimo algoritmas pateiktas 2.6 pav. Signalų išryškiniui, prieš vertinimą furjė transformacijos vartės pakeliamos kvadratu. Apsauga nuo realybėje neįmanomų žmogaus pulso verčių atliekama išskiriant ir tolimesniuose žingsniuose vertinant tik tas spektro dedamųjų vertes, kurių dažniai patenka į galimo žmogaus pulso dažnių vertes. Šiose ribose esanti didžiausia spektro dedamoji laikoma žmogaus pulso signalo dedamąja. Jos išsiskyrimas iš triukšmo įvertinamas padalinant jos amplitudę iš visų pasirinkto intervalo spektro dadamųjų amplitudžių vidurkio. Jei gautas odos spalvos kitimo signalas triukšmingas, arba tariama pulso signalo dedamoji atsiranda dėl triukšmo, gautas santykis bus mažas. Reikia pastebėti, kad norint supaprastinti vidurkio skaičiavimą, didžiausios amplitudės dedamoji nėra išskiriama. Gauto spektro rezoliucija yra pakankamai didelė, kad jos įtaka gautam vidurkiui nebūtų kritinė.

$$\begin{cases} \frac{X}{\mu} > Sl \\ X < max \\ X > min \end{cases} \quad (7)$$

Čia:  $X$  – didžiausios amplitudės spektro dedamosios amplitudė  
 $\mu$  – spektro dedamųjų vidurkis galimo žmogaus pulso ribose  
 $max$  – didžiausia leistina amplitudė  
 $min$  – mažiausia leistina amplitudė

Galutinis įvertinimas, ar vaizdo įrašė užfiksuotas gyvas žmogus, atliekamas pagal (7) lygtį. Jei visos sąlygos yra tenkinamos, laikoma, kad vaizdo įrašė užfiksuotas gyvas žmogus, kitu atveju – imitacija.

## SLENKSTINIŲ VERČIŲ IR KONSTANTŲ NUSTATYMAS

Kuriant algoritmą buvo stengiamasi, kad jo veikimas būtų kuo mažiau priklausomas nuo į programos kodą įrašomų konstantų. Deja visiškai jų atsisakyti nėra įmanoma, tai ypač liečia gyvo žmogaus buvimo kadre įvertinimą. Šio darbo tikslas nėra sukurti praktiniam naudojimui skirtą sprendimą, o tik įvertinti siūlomo metodo veiksmingumą, todėl verčių pasirinkimas buvo paviršutiniškas ir nesirėmė sudėtingais skaičiavimais ar didelio bandymų skaičiaus statistika.

Žingsniuose iki galutinio odos spalvos kitimo signalo spektro gavimo, svarbios konstantos yra dvi – tai nulatinės dedamosios pašalinimo filtro konstanta  $\alpha$  (2 formulė) ir odos spalvos diapazono standartinės deviacijos daugiklis  $c$ .

Pagrindinė filtro užduotis yra pašalinti nuolatinę dedamąją. Dėl šios priežasties filtro dažninėms charakteristikoms dėmesys nebuvo skiriamas. Nadojamas filtras nepasižymi geru dažnių atskyrimu, todėl ir konstantos  $\alpha$  vertė buvo pasirinkta empiriškai, pagal gaunamus rezultatus, o ne skaičiuojant pralaidumo juostos ribas. Geriausi rezultatai buvo gaunami kai  $\alpha = 0,25$ .

Standartinio nuokrypio daugiklis buvo pasirinktas iš sveikųjų skaičių, atitinkančių pasiklivimo intervalo vertes. Kai  $c$  buvo prilygintas 1 (68% pasiklivimo intervalas [18]), odos aptikimas buvo nekokybiškas, nes gaunamos ribos apimdavo tik 68% pasirinkto odos spalvos regiono verčių. Geriausi rezultatai gauti  $c$  prilyginus 2 (95% pasiklivimo intervalas).

Iš signalo spektro išskiriant tik tą dalį, kurioje gali būti pulso signalas remtasi pulso savybėmis [19]. Sveikam žmogui galimas pulsas yra tarp 40 bpm ir 100 bpm, pavertus į dažnį gauname atitinkamai 0,67 Hz ir 1,67 Hz. Gresniam ribinių verčių aptikimui ribos buvo praplėstos. Nustatytos intervalo, kuriame ieškoma pulso signalo, ribos yra nuo 0,5 Hz iki 2 Hz.

Viena pagrindinių slenkstinių verčių, lemianti įvertinimą ar vaizdo įrašė gyvas žmogus, yra mažiausias leistinas santykis tarp pulso signalo dedamosios amplitudės ir visų signalų vidutinės vertės stebimame spektro intervale (7 lygtis). Algoritmo kūrimo metu pastebėta, kad šis santykis, priklausomai nuo triukšmo stipriai varijuoja, tačiau tais atvejais, kai pažvalgus į spektrą, buvo galima lengvai įvertinti pulso buvimą, šis santykis visuomet buvo didesnis už 7. Todėl buvo nuspręsta, kad algoritmo veikimo įvertinimui mažiausias leistinas signalo santykis su visų signalų vidurkiu yra lygus 7.

Dvi kitos svarbios slenkstinės vertės yra mažiausia ir didžiausia žmogaus pulso signalo spektro dedamosios amplitudės. Mažiausia vertė apsaugo nuo neteisingo rezultato, kai atsitiktinis triukšmo signalas, esant mažam triukšmo lygiui, vertinamas kaip pulso signalas. Mažiausia vertė pasirinkta pagal triukšmo signalų vidurkį signalų be fiksuojamo pulso signalo spektruose, esant mažam triukšmo lygiui (didelis triukšmo lygis ir taip nulemia, kad rezultatas bus neigiamas dėl dėl per mažo signalo ir triukšmo vidurkio santykio). Gautas rezultatas lygus 0,0044

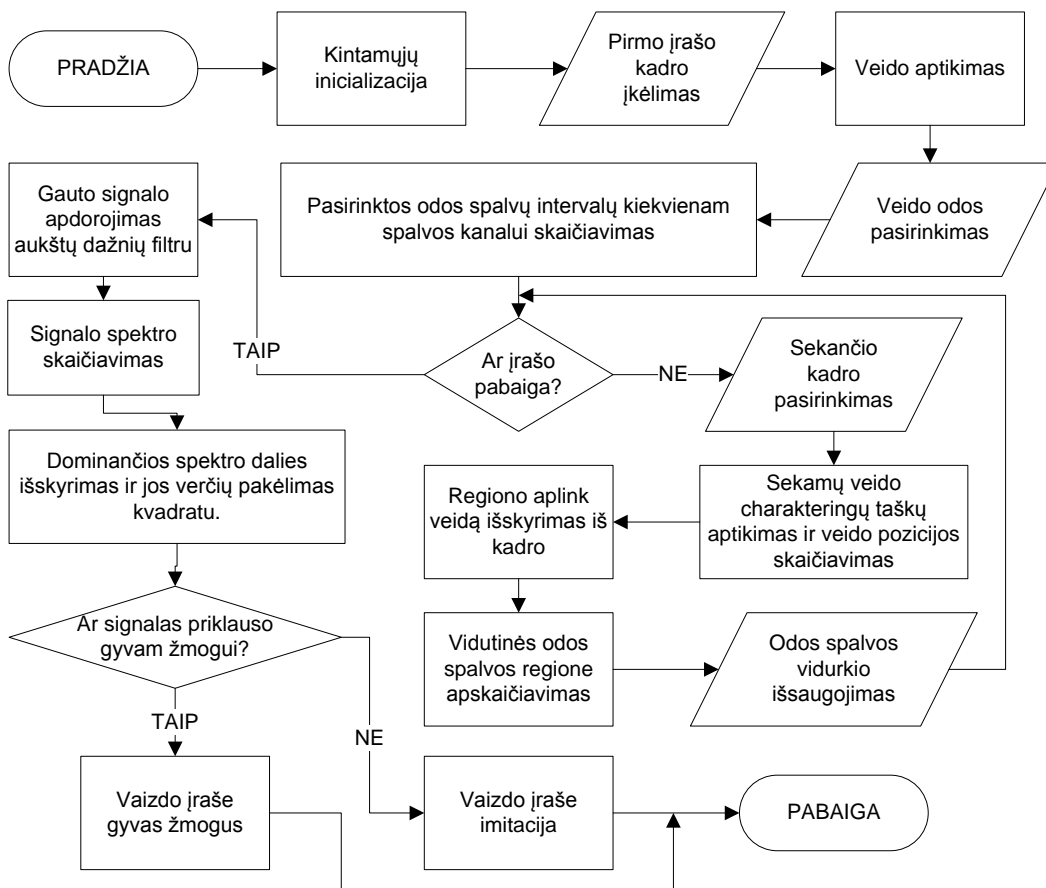
LSB. Gyvo žmogaus buvimo vaizdo įrašė įvertinimas atliekamas pakėlus visas spektro vertes kvadratu, todėl gauname, kad mažiausia leistina pulso signalo dedamosios vertė yra  $0,001936 \text{ LSB}^2$ , arba suapvalinus:  $0,002 \text{ LSB}^2$ . Didžiausia leidžiama signalo vertė apsaugo nuo situacijos, kai didelis triukšmo signalas klaidingai interpretuojamas kaip pulso signalas. Ši vertė parinkta pagal didžiausias gautas odos spalvos kitimo amplitudes. Jų lygis niekada neviršijo  $0,3 \text{ LSB}$ . Vertinant triukšmingo signalo galimybę, kai triukšmas maždaug vienodai pasiskirsto visuose vertinamo dažnių intervalo dažniuose prie maksimalios vertės dar pridėdame  $0,1 \text{ LSB}$ . Gauname, kad maksimali leidžiama kvadratu pakelta pulso signalo vertė lygi  $0,16 \text{ LSB}^2$ , šią vertę suapvaliname iki  $0,2 \text{ LSB}^2$ .

Visos konstantos ir slenkstinės vertės:

- Skaitmeninio filtro koeficientas  $\alpha = 0,25$
- Standartinio nuokrypio daugiklis  $c = 2$
- Mažiausias leistinas signalo santykis su triukšmo vidurkiu  $Sl = 7$
- Mažiausia leistina kvadratu pakelta signalo amplitudė  $min = 0,002 \text{ LSB}^2$
- Didžiausia leistina kvadratu pakelta signalo amplitudė  $max = 0,2 \text{ LSB}^2$

## ALGORITMAS

Gyvo žmogaus atpažinimo pagal odos spalvos kitimą algoritmas pateiktas 2.7 pav. Šis sprendimas nėra skirtas veikimui realiu laiku, todėl pirmiausia apdorojamas visas vaizdo įrašas, iš jo išskiriant odos spalvos kitimo laike signalus kiekvienam spalvos kanalui (gyvo žmogaus buvimo įrašė įvertinimui reiklaingas tik žalio kanalo signalas, tačiau palyginimui paliekami ir raudono bei mėlyno kanalų signalai). Tik apdorojus visą vaizdo įrašą pereinama prie signalų analizės. Analizė atliekama visam signalui, jo neskaidant į mažesnes dalis. Įvertinus gautą signalo spektrą, pateikiama išvada ar vaizdo įrašė užfiksuotas gyvas žmogus, ar imitacija.



2.7 pav. Darbe siūlomo sprendimo algoritmas

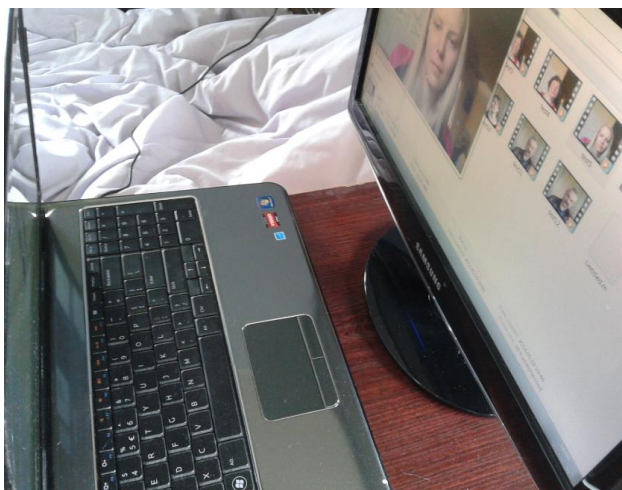
### 3. BANDYMAI

Šiame skyriuje analizuojamas sukurto gyvo žmogaus nustatymo pagal odos spalvos kitimą algoritmo veikimas realiomis sąlygomis. Aptariama naudota bandymų metodologija. Remiantis algoritmo kūrimo metu pastebėtomis jo savybėmis svarstomi tikėtini bandymų rezultatai. Analizuojami gauti bandymų rezultatai, jie lyginami su rezultatais, kurių tikėtasi ir ieškoma neatitikimo priežasčių.

#### BANDYMŲ METODOLOGIJA

Algoritmo išbandymui, buvo įrašyti 6 skirtingo amžiaus ir lyties žmonių vaizdo įrašai (žr. 3.1 lent.), jiems sėdint prieš kompiuterį. Vaizdo įrašymui buvo naudojama MATLAB programinėje įrangoje pateikiamas įrankis Image Acquisition. Jis leidžia keisti visus kameros parametrus, taip pat nustatyti norimą įrašyti kadrų skaičių bei išsaugoti nesuspaustą vaizdo įrašą.

Kiekvienam žmogui padaryti du originalūs vaizdo įrašai. Pirmame buvo nurodyta sėdėti nejudinant galvos, o kitame leista laisvai judėti. Norint kuo geriau imituoti realias sąlygas nebuvo duodama jokių nurodymų, kokius galvos judesius geriau atlikti, o leista viską daryti savo nuožiūra. Iš šių įrašų kiekvienam žmogui padaryta po keturis, bandymą sistemą apgauti imituojančius, vaizdo įrašus. Jie buvo įrašomi originalų įrašą paleidžiant kompiuterio monitoriuje ir jo rodomą vaizdą filmuojant integruota kompiuterio kamera (žr. 3.1 pav.).



3.1 pav. Apgaulės imitacijos vaizdo įrašo kūrimas

Padaryti keturių tipų apgaulę imituojantys vaizdo įrašai. Pirmajame filmuojamas stacionarus kadrus monitoriuje. Taip imituojama prieš kamerą stabiliai laikoma ar padėta nuotrauka. Antrajame filmuojamas monitoriuje rodomas nejudančio žmogaus vaizdo įrašas, imituojant apgaulės bandymą su turimu aukos vaizdo įrašu. Trečiajame filmuojamas judančio žmogaus vaizdo įrašas, o paskutiniame filmuojamas stacionarus kadrus, judinant monitorių, taip imituojant judinamą nuotrauką.

Originalių įrašų ilgis buvo 1000 kadrų, tokiu būdu buvo lengviau įrašyti trumpesnius imitacijos įrašus. Prieš naudojimą, originalūs įrašai sutrumpinti iki imitacijos ilgio todėl visų vaizdo įrašų (tiek originalių, tiek ir imitacijų) ilgis – 300 kadrų, o greitis – 30 kadrų per sekundę. Taip



gaunamas 10 sekundžių vaizdo įrašas. Šis laiko tarpas yra pakankamas aiškiam odos spalvos kitimo spektrui nustatyti, tačiau yra pakankamai trumpas, kad filmuojami žmonės galėtų išbūti nejudėdami (komforto faktorius labiau aktualus praktiniam panaudojimui, nes kaip buvo minėta, originalūs įrašai buvo 1000 kadrų ilgio).

Siekiant kuo objektyviau įvertinti darbe pateikto algoritmo veikimą, bandymams naudoti įrašai padaryti tik sukūrus algoritmą ir nustačius slenkstines vertes. Bandymų metu šios vertės ir pats algoritmas niekaip nebuvo keičiami ar įtakojami. Odos pasirinkimo įtakai sumažinti kiekvienas įrašas buvo vertinamas du kartus.

Eil. Nr	Lytis	Amžius
1	V	25 m
2	M	23 m
3	M	54 m
4	V	27 m
5	M	42 m
6	V	57 m

3.1 lent. Bandymuose dalyvavusių žmonių svarbiausios savybės

## TIKĖTINI REZULTATAI

Kuriant algoritmą susipažinta su daugeliu jo savybių, todėl galima bandyti įvertinti tikėtinius rezultatus, atliekant bandymus realiomis sąlygomis.

Kuriant algoritmą didelis dėmesys buvo skiriamas pulso aptikimui, kai subjektas nejudą arba juda silpnai, todėl galima tikėtis, jog gyvo žmogaus atpažinimas originaliuose įrašuose, kai žmogus nejudą turėtų būti pakankamai geras. Taip pat sėkmingai turėtų būti atpažįstami apgaulės bandymai, kai naudojamas statiškas vaizdas, nes jokio pulso signalo tiesiog nebus fiksuojama.

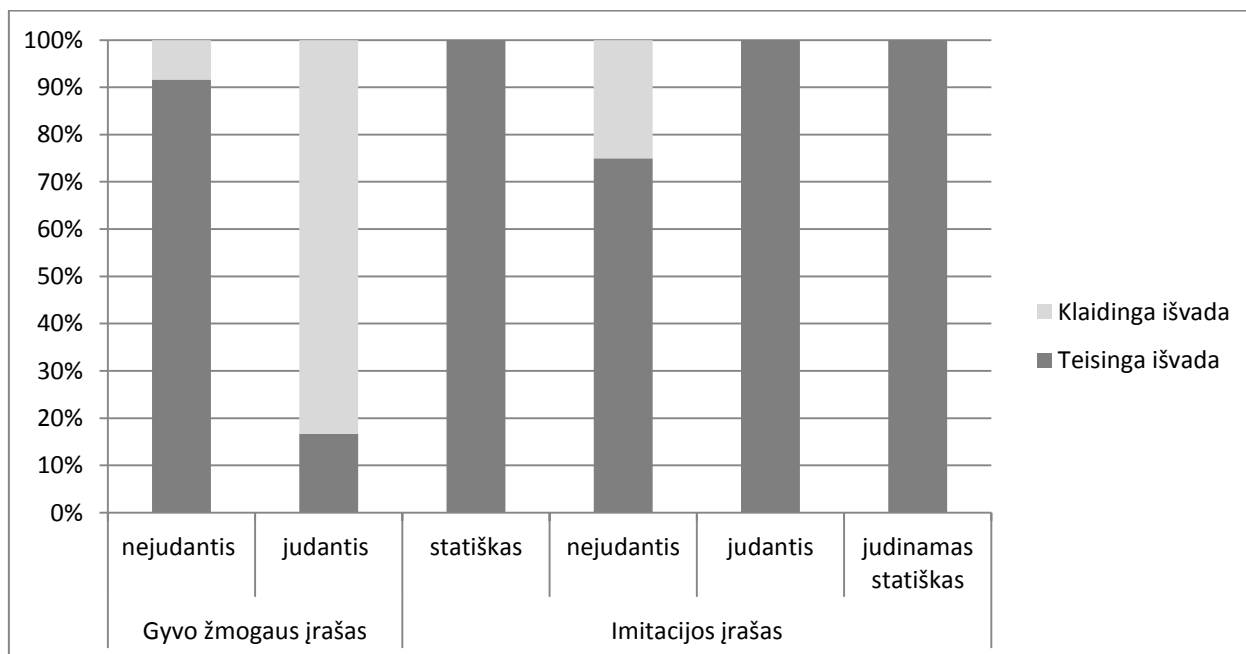
Daug prastesnio apgaulės aptikimo rezultatyvumo galima tikėtis įrašuose, kuriuose rodomas nejudančio žmogaus įrašas. Gyvo žmogaus aptikimo pagal odos spalvos pokyčius metodo veikimas remiasi kameros gebėjimu užfiksuoti itin mažus spalvos pokyčius, tačiau šiuolaikinių monitorių gebėjimas atkurti spalvas dažnai yra žymiai geresnis nei paprastos internetinės kameros. Taigi maži odos spalvos pokyčiai, kurių ieško sukurtas algoritmas, gali būti nesunkiai atvaizduojami monitoriuje, pastatytame prieš vaizdo kamerą. Galima tikėtis, kad daugeliu imitacijos su nejudančiu žmogumi bandymų, algoritmas klaidingai atpažins gyvą žmogų.

Sukurtas algoritmas, dėl labai mažos ieškomo signalo amplitudės, nėra atsparus signalo triukšmui, kuris atsiranda dėl judėjimo. Žinant, kad daugelis bandymuose dalyvavusių žmonių judėjo gana intensyviai, labai gerų rezultatų tikėtis neverta vertinant tiek originalius, tiek ir imitacinius įrašus.

Algoritmas naudoja veido sekimą ir odos atpažinimą, todėl judinamas statiškas vaizdas neturėtų sukelti didelių sunkumų teisingam imitacijos atpažinimui. Tačiau negalima

atmesti, kad triukšmo signalo spektro dedamosios pasiskirstys nevienodai, ir vertiname spektro intervale gali susidaryti gyvo žmogaus pulsą atitinkantis signalas.

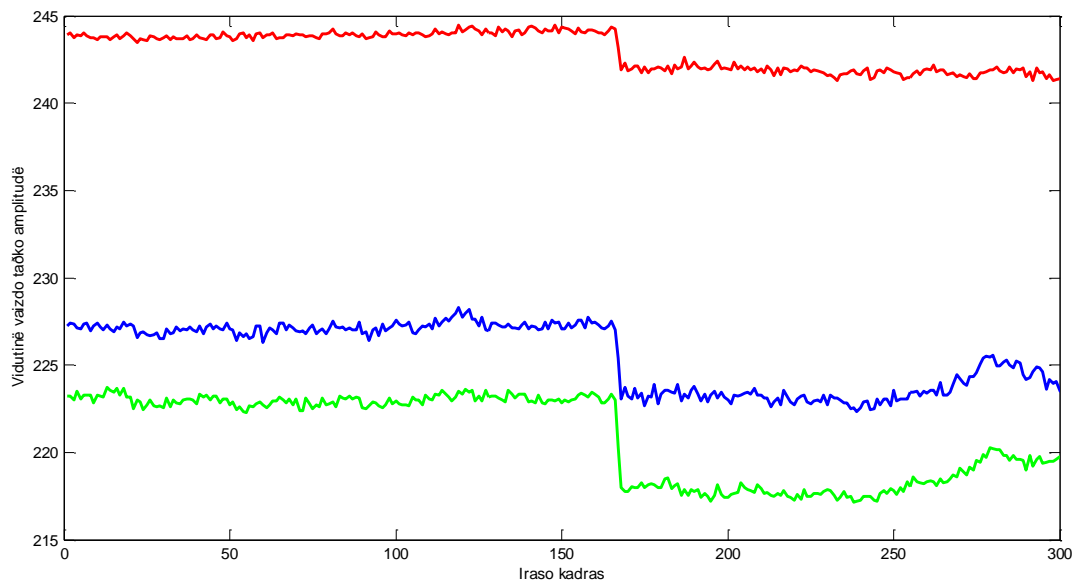
## BANDYMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ



3.1 graf. Algoritmo bandymų rezultatų statistika

3.1 grafike pateikiama bandymų statistika. Iškart galima pastebėti, kad algoritmas gerai atpažysta nejudančius vaizdus, o daug prasčiau – judančius. Norint geriau suprasti gautų rezultatų kilmę, kiekviena bandyta situacija analizuota, aiškinantis algoritmo pateikiamų išvadų priežastis.

Gyvo nejudančio žmogaus įrašų vertinimas, kaip ir tikėtasi daugeliu atvejų buvo teisingas, tačiau vieno įrašo išvada visuomet buvo neigiama. Atidžiau pažvelgus į gaunamą odos spalvos kitimo spektrą pastebėtas itin aukštas, tačiau tolygiai pasiskirstęs, triukšmo lygis. Įtarta, kad įrašo metu žmogus galėjo sujudėti, tačiau įrašą peržiūrėjus, jokio akivaizdaus judėjimo nepastebėta. Atsakymo nuspręsta ieškoti peržiūrint gautus odos spalvos kitimo signalus (žr. 3.2 graf.). Visų spalvos kanalų signaluose aiškiai matomas staigus šuolis. Kaip išsiaiškinta, įrašymo metu kameros nustatymuose buvo palikta įjungta automatinė šviesumo kompensavimo funkcija, kuri suveikė darant įrašą. Daugelyje šiuolaikinių kamerų, nepriklausomai nuo jų kainos, ši funkcija yra integruota, todėl sistemoje, kurioje būtų naudojamas gyvo žmogaus nustatymas pagal odos spalvos kitimą, būtina šią funkciją išjungti, ar apriboti jos veikimą įrašymo metu.

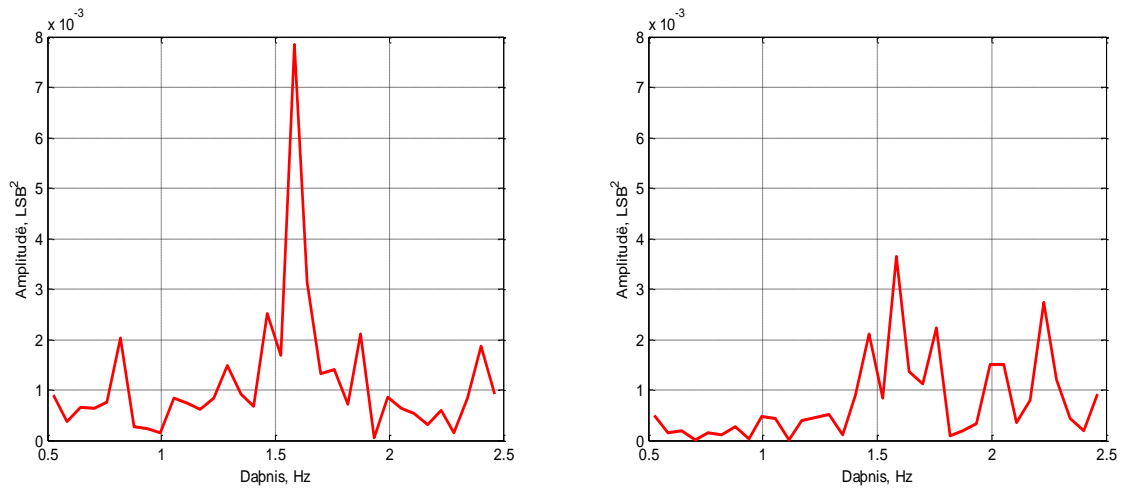


3.2 graf. Odos spalvos kitimo signalai vaizdo įrašė

Atlikus bandymus su įrašais kuriuose žmonės galėjo laisvai judinti galvą gauti rezultatai tokie, kokių ir buvo galima tikėtis. Praktiškai visais atvejais, neigiamo rezultato priežastis buvo per didelė didžiausios amplitudės signalo dedamosios amplitudė. Šio bandymo rezultatai patvirtina prielaidą, kad naudojami judėjimo kompensavimo metodai nėra pakankami kokybiško signalo aptikimui, kai žmogus juda.

Kaip ir tikėtasi, apgaulės bandymai su statišku vaizdu jokių problemų nesukėlė – visais atvejais fiksuotas neigiamas rezultatas. Teigiamo rezultato atmetimo dažniausia priežastis – per mažas tariamo pulso signalo ir visų signalų vidurkio santykis. Daugeliu atvejų, naudojama kamera buvo pernelyg triukšminga, kad atmetimo priežastis būtų per mažos amplitudės signalas.

Įdomūs rezultatai gauti bandant apgaulės bandymus, kuriuose naudojamas nejudančio žmogaus įrašas. Tikėtasi, kad algoritmo pateikiamos gyvo žmogaus buvimo išvados bus labai panašios į gautas, naudojant originalius įrašus. Tačiau gautuose rezultatuose algoritmas daugiau nei 70% atvejų pateikė teisingą išvadą, kad įrašė rodoma apgaulės imitacija. Bandant paaiškinti tokius rezultatus, buvo palyginti originalaus įrašo ir jo imitacijos spektrai (žr. 3.3 graf.). Pastebėta, kad imitacijose odos spalvos kitimo signalo amplitudė ženkliai mažesnė už originalo, todėl daugeliu atvejų šios amplitudės santykis su visų signalo dedamųjų amplitudžių vidurkiu buvo per mažas, kad įrašas būtų įvertintas, kaip priklausantis gyvam žmogui. Remiantis [7] manoma, kad mažesnė signalo amplitudė atsiranda dėl gretimų spalvos taškų spalvų susilieimo, kai įrašas atvaizduojamas monitoriuje. Šis fenomenas neturėtų būti apribotas tik bandymams naudotu monitoriumi, tačiau panašūs efektai turėtų pasireikšti ir kituose monitoriuose. Tai pagerina darbe siūlomo gyvo žmogaus atpažinimo pagal odos spalvos kitimą panaudojimo perspektyvas.



3.3 graf. Originalaus įrašo signalo spektras kairėje ir jo imitacijos – kairėje

Prastas algoritmo atspatumas tiruškui, bei kątik aprašytas signalo amplitudės sumažėjimas dėl pakartotinio filmavimo, lemia, kad visais apgaulės imitacijos su judančiu žmogumi bandymų atvejais algoritmas pateikia išvadą paneigiančią gyvo žmogaus buvimą vaizdo įrašė.

Nors buvo tikėtasi, kad retais atvejais judinamas statiškas vaizdas gali būti interpretuotas kaip gyvas žmogus, tačiau bandymų metu, visais atvejais gauta neigiama gyvo žmogaus buvimo vaizdo įrašė išvada. Dažniausia išvados priežastis buvo signalo iš triukšmo vidurkio santykis.

Apibendrinant bandymų rezultatus galima teigti, kad sukurtas algoritmas labai gerai apsaugo nuo apgaulės bandymų panaudojant nuotrauką (ją rodant kompiuterio ar planšetės ekrane ar laikant atspausdintą ant popieriaus). Patenkinamai galima įvertinti gebėjimą apsaugoti nuo vaizdo įrašo, kai žmogus nejuda. Siūlomas metodas labai prastai veikia, kai žmogus (prieš kamerą, ar veizdo įrašė) juda.

## IŠVADOS

Sukurtas algoritmas iš vaizdo įrašo išgauna odos spalvos kitimo signalą. Šį signalą apdoroja ir, atlikus Furjė transformaciją, gauna dažninę signalo charakteristiką. Iš šios charakteristikos išskiriamas intervalas, kuriame turi būti žmogaus pulso signalo spektro dedamoji. Pagal spektro savybes nustatoma, ar tikrinamame vaizdo įrašė užfiksuotas gyvas žmogus, ar apgaulės bandymas. Algoritme įgyvendintas veido sekimas ir odos aptikimas. Tokiu būdu sumažinamas jautrumas nedideliems galvos judesiams.

Algoritmas išbandytas su šešiais skirtingo amžiaus ir lyties asmenimis. Išanalizavus bandymų rezultatus nustatyta, kad labai gerai nustatomi apgaulės bandymai kai naudojama judinama arba stabiliai laikoma nuotrauka. Patenkinamai įvertintas algoritmo gebėjimas atskirti gyvą žmogų nuo apgaulės kai žmogus prieš kamerą sėdi ramiai. Išsiaiškinta, kad algoritme naudojami žmogaus judėjimo vaizdo įrašė kompensavimo metodai nėra pakankami tiksliam gyvo žmogaus nustatymui, kai žmogus juda.

Dėl kraujo tekėjimo atsirandantis odos spalvos kitimas yra mažos amplitudės. Darbo metu išsiaiškina, kad nekontroliuojamoje aplinkoje šio kitimo signalas lengvai užgožiamas pašalinio triukšmo, todėl sistemos, kuriose būtų naudojamas darbe siūlomas sprendimas, geriausiai veiktų gerai apšviestoje kontroliuojamoje aplinkoje. Geriausias rezultatas būtų pasiekiamas naudojant vartotojo kooperaciją, kai ramiai stovima prieš asmenybės identifikacijos įtaisą. Kokybiškam odos spalvos kitimo spektrui gauti užtenka 10 sekundžių trukmės įrašo. Tokios trukmės laiko intervalas neturėtų sukelti nemalonių įspūdžių.

## LITERATŪRA

1. Facial recognition progress report [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://spie.org/x57306.xml>>
2. Baseline performance under 7 scenarios [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 01 05]. Prieiga per internetą <<http://www.cbsr.ia.ac.cn/english/FaceAntiSpoofDatabases.asp>>
3. Sergey Kosov, Thorsten Thorm ahlen, Hans-Peter Seidel. Rapid stereo-vision enhanced face recognition [interaktyvus]. MPI Informatik, Saarbrucken, Germany 2010, [žiūrėta 2014 01 10]. Prieiga per internetą <[http://www.informatik.uni-marburg.de/~thormae/paper/ICIP\\_2010.pdf](http://www.informatik.uni-marburg.de/~thormae/paper/ICIP_2010.pdf)>
4. Changan Park and Joonki Paik. Face Recognition Using Optimized 3D Information from Stereo Images [interaktyvus]. Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film Chung-Ang University, Seoul, Korea [žiūrėta 2014 01 05]. Prieiga per internetą <<http://cdn.intechweb.org/pdfs/214.pdf>>
5. Gang Pan, Zhaohui Wu and Lin Sun. Liveness Detection for Face Recognition [interaktyvus]. Department of Computer Science, Zhejiang University, China [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <[http://tainguyenso.vnu.edu.vn/jspui/bitstream/123456789/10944/1/InTech-Liveness\\_detection\\_for\\_face\\_recognition.pdf](http://tainguyenso.vnu.edu.vn/jspui/bitstream/123456789/10944/1/InTech-Liveness_detection_for_face_recognition.pdf)>
6. Zhiwei Zhang, Dong Yi, Zhen Lei, Stan Z. Li. Face Liveness Detection by Learning Multispectral Reflectance Distributions [interaktyvus]. Center for Biometrics and Security Research & National Laboratory of Pattern Recognition Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences 2009, [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://www.cbsr.ia.ac.cn/users/zlei/papers/Zhang-FaceLiveness-FG-11.pdf>>
7. Bruno Peixoto, Carolina Michelassi, and Anderson Rocha. Face liveness detection under bad illumination conditions [interaktyvus]. University of Campinas, Campinas, Brazil 2011, [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://www.ic.unicamp.br/~rocha/pub/papers/2011-icip-spoofing-detection.pdf>>
8. Tiago de Freitas Pereira, Jukka Komulainen, André Anjos, José Mario De Martino, Abdenour Hadid, Matti Pietikäinen, Sébastien Marcel. Face liveness detection using dynamic texture. EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2014. ISSN 1687-5281
9. Hao-Yu Wu, Michael Rubinstein, Eugene Shih, John Guttag, Fredo Durand, William Freeman. Eulerian Video Magnification for Revealing Subtle Changes in the World [interaktyvus]. MIT CSAIL, Quanta Research, Cambridge 2013 [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://people.csail.mit.edu/mrub/papers/vidmag.pdf>>

10. Ming-Zher Poh, Daniel J. McDuff, and Rosalind W. Picard. **Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation** [interaktyvus]. Division of Health Sciences and Technology, Harvard-MIT, 77 Massachusetts Avenue, Cambridge, USA 2010 [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://www.opticsinfobase.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-18-10-10762>>
11. Course of Laboratory Medicine Chemical and Biochemical Methods [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <[http://biochimica.bio.uniroma1.it/didattica/Fcourse/L02\\_Methods/LabMed.htm](http://biochimica.bio.uniroma1.it/didattica/Fcourse/L02_Methods/LabMed.htm)>
12. Introduction to CMOS Image Sensors [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://www.olympusmicro.com/primer/digitalimaging/cmosimagesensors.html>>
13. Guha Balakrishnan, Fredo Durand, John Guttag. Detecting Pulse from Head Motions in Video [interaktyvus]. MIT CSAIL, USA 2013 [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <[http://people.csail.mit.edu/balakg/cvpr2013\\_pulsepaper.pdf](http://people.csail.mit.edu/balakg/cvpr2013_pulsepaper.pdf)>
14. Face Detection and Tracking Using the KLT Algorithm [interaktyvus] 2012. [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://www.mathworks.se/help/vision/examples/face-detection-and-tracking-using-the-klt-algorithm.html> 2012>
15. Ahmed Elgammal, Crystal Muang and Dunxu Hu. Skin Detection - a Short Tutorial [interaktyvus]. Department of Computer Science, Rutgers University, Piscataway, NJ, 08902, USA [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://www.cs.rutgers.edu/~elgammal/pub/skin.pdf>>
16. Skin-based Face Detection [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://www.cvip.uofl.edu/wwwcvip/education/ECE523/Spring%202011/Lec4%20-%20Skin%20Detection.pdf>>
17. Jayanta Kumar Basu, Debnath Bhattacharyya, Tai-hoon Kim. Use of Artificial Neural Network in Pattern Recognition [interaktyvus]. International Journal of Software Engineering and Its Applications Vol. 4, No. 2, April 2010 [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <[http://www.sersc.org/journals/IJSEIA/vol4\\_no2\\_2010/3.pdf](http://www.sersc.org/journals/IJSEIA/vol4_no2_2010/3.pdf)>
18. Standard Deviation [interaktyvus]. [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <<http://mathworld.wolfram.com/StandardDeviation.html>>
19. All About Heart Rate (Pulse) [interaktyvus]. American Heart Association. [žiūrėta 2014 01 03]. Prieiga per internetą <[http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/More/MyHeartandStrokeNews/All-About-Heart-Rate-Pulse\\_UCM\\_438850\\_Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/More/MyHeartandStrokeNews/All-About-Heart-Rate-Pulse_UCM_438850_Article.jsp)>

## **PRIEDAI**



## 1 PRIEDAS. PROGRAMOS MATLAB SCENARIJUS

```
%% Simonas Lukočiūnas
% Magistro darbas
% "Gyvo žmogaus atpažinimas pagal odos spalvos pokyčius"
%
% veido sekimas igyvendintas pagal
% "Face Detection and Tracking Using the KLT Algorithm" [14]

close all
clear all

%% Veido atpažinimas

% sukuriamas veido aptikimo objektas
faceDetector = vision.CascadeObjectDetector();

% Nuskaitomas pirmas kadras ir jame aptinkamas žmogaus veidas
videoFileReader = vision.VideoFileReader('video2/testf21.avi');
method = 2; % pasirenkamas odos vertinimas (1 - odos spalva nevertinama, 2
            % - vertinama)
videoFrame      = step(videoFileReader);
bbox            = step(faceDetector, videoFrame);

videoFrame_2 = videoFrame;

% Aptiktą veidą žymintis keturkampis konvertuojamas į poligoną
x = bbox(1); y = bbox(2); w = bbox(3); h = bbox(4);
bboxPolygon = [x, y, x+w, y, x+w, y+h, x, y+h];

width = w;
height = h;

% Parodomas aptiktas veidas
shapeInserter = vision.ShapeInserter('Shape', 'Polygons',
    'BorderColor', 'Custom', ...
    'CustomBorderColor', [255 255 0]);
videoFrame = step(shapeInserter, videoFrame, bboxPolygon);
figure; imshow(videoFrame); title('Detected face');

%% Sekamų veido savybių sekimo inicializacija

% charakteringų veido savybių radimas
cornerDetector = vision.CornerDetector('Method', ...
    'Minimum eigenvalue (Shi & Tomasi)');
points = step(cornerDetector, rgb2gray(imcrop(videoFrame, bbox)));

% savybių koordinačių konvertavimas viso kadro atžvilgiu
points = double(points);
points(:, 1) = points(:, 1) + double(bbox(1));
points(:, 2) = points(:, 2) + double(bbox(2));

% aptiktų savybių rodymas
markerInserter = vision.MarkerInserter('Shape', 'Plus', ...
    'BorderColor', 'White');
videoFrame = step(markerInserter, videoFrame, points);
figure, imshow(videoFrame), title('Detected features');

% leidžiamos paklaidos nustatymas
pointTracker = vision.PointTracker('MaxBidirectionalError', 10);

% taškų sekimo objekto inicializacija
initialize(pointTracker, double(points), rgb2gray(videoFrame));

% vaizdo grotuvo inicializacija
videoInfo = info(videoFileReader);
videoPlayer = vision.VideoPlayer('Position', ...
```

```

[100 100 videoInfo.VideoSize(1:2)+30]);

% geometrinės poligono transformacijos objekto inicializacija
geometricTransformEstimator = vision.GeometricTransformEstimator(...
    'PixelDistanceThreshold', 4, 'Transform', 'Nonreflective similarity');

oldPoints = double(points);

%% Gyvo žmogaus nustatymo algoritmo nustatymai

% aukštų dažnių filtro koeficientai
filter_c = 0.25;
filter_p = 1-filter_c;

figure
imshow(videoFrame_2);

% jei nurodytas odos išskyrimas
if method ~= 1
    s = zeros(4);
    % gaunamas odos spalvą atspindintis regionas
    s = getrect;

    SkinColors = zeros(2, 3);
    videoFrame_2 = videoFrame_2(s(2):s(2)+s(4),s(1):s(1)+s(3), :);

    % kiekvienam spalvos kanalui skaičiuojamas standartinis odos spalvos
    % nuokrypis, po to apskaičiuojamos odos spalvų ribos
    for i = 1:3
        temp = reshape(videoFrame_2(:,:,i), 1, []);

        SkinColors(1, i) = mean(temp) - std(temp)*2;
        SkinColors(2, i) = mean(temp) + std(temp)*2;
    end

    clear temp;
end

videoPlayer2 = vision.VideoPlayer;

%% Veido sekimas ir odos spalvos kitimo signalo skaičiavimas
i = 1;
while ~isDone(videoFileReader)
    % sekantis kadras
    videoFrame = step(videoFileReader);

    % charakteringų veido taškų sekimas
    [points, isFound] = step(pointTracker, rgb2gray(videoFrame));
    visiblePoints = points(isFound, :);
    oldInliers = oldPoints(isFound, :);

    if ~isempty(visiblePoints)
        % geometrinės transformacijos pagal rastus taškus skaičiavimas
        [xform, geometricInlierIdx] = step(geometricTransformEstimator, ...
            double(oldInliers), double(visiblePoints));

        visiblePoints = visiblePoints(geometricInlierIdx, :);
        oldInliers = oldInliers(geometricInlierIdx, :);

        boxPoints = [reshape(bboxPolygon, 2, 4)', ones(4, 1)];
        boxPoints = boxPoints * xform;
        bboxPolygon = reshape(boxPoints', 1, numel(boxPoints));
    end
end

```

```

% Jei pasirinktas metodas be odos išskyrimo
if method == 1
%                               veido centro koordinatų skaičiavimas
x = cast((mean(boxPoints(:,1))-width/2), 'uint16');
y = cast((mean(boxPoints(:,2))-height/2), 'uint16');

%                               Signalų išskyrimas
for a = 1:3
    B(a,i) = mean(mean(videoFrame(y : y + height, x : x + width,...
        a)))*256;
end

% Jei pasirinktas metodas su odos išskyrimu
else
%                               veido centro koordinatų skaičiavimas
x = cast((mean(boxPoints(:,1))-width/2), 'uint16');
y = cast((mean(boxPoints(:,2))-height/2), 'uint16');

%                               iš kadro iškerpamas regionas su veidu
for a = 1:3
    frame(:, :, a) = videoFrame(y : y + height, x : x + width, a);
%                               iškirptas veidas filtruojamas, kad būtų gautas tolygesnis
%                               odos vaizdas
    frame(:, :, a) = imfilter(frame(:, :, a), hfilt);
end

%                               apskaičiuojama vaizdo taškų, kuriuose yra oda, kaukė
mask = ((frame(:, :, 1) > SkinColors(1, 1) & ...
    frame(:, :, 1) < SkinColors(2, 1)) & ...
    (frame(:, :, 2) > SkinColors(1, 2) & ...
    frame(:, :, 2) < SkinColors(2, 2)) & ...
    (frame(:, :, 3) > SkinColors(1, 3) & ...
    frame(:, :, 3) < SkinColors(2, 3)));

%                               kaukė atvaizduojama vaizdo įrašė
step(videoPlayer2, mask)

%                               Signalų skaičiavimas
for a = 1:3
    temp = frame(:, :, a);
    B(a, i) = mean(mean(temp(mask)))*256;
end
end

clear temp

%                               Sekamų taškų ir aptikto veido poligono vaizdavimas
videoFrame = step(shapeInserter, videoFrame, bboxPolygon);

videoFrame = step(markerInserter, videoFrame, visiblePoints);
videoFrame = step(markerInserter2, videoFrame, [x y]);

%                               Senų sekamų taškų atnaujinimas
oldPoints = visiblePoints;
setPoints(pointTracker, oldPoints);

    i = i + 1;
end
length = i-1;

step(videoPlayer, videoFrame);
end

%                               gautų odos spalvos kitimo signalų grafiko vaizdavimas
figure

```

```

plot(B(1,:), '-r', 'linewidth', 1)
hold on
plot(B(2,:), '-g', 'linewidth', 1)
plot(B(3,:), '-b', 'linewidth', 1)
ylim([0 256])
xlabel('Árađo kadras');
ylabel('Vidutinė vaizdo tađko amplitudė');

% Nuolatinės dedamosios ir žemų dažnių filtravimas

for a = 1:3
    constant = B(a,1);
    for i = 1:lenght
        C(a,i) = B(a,i)-constant;
        constant = B(a,i)*filter_c + constant*filter_p;
    end
end
clear B;

% Filtruotų signalų vaizdavimas grafike
figure
plot(C(1,:));
plot(C(1, :)-min(C(1, :))+max(C(2, :)), '-r', 'linewidth', 1)
hold on
plot(C(2,:), '-g', 'linewidth', 1)
plot(C(3, :)-max(C(3, :))+min(C(2, :)), '-b', 'linewidth', 1)
xlabel('Árađo kadras');
ylabel('Vidutinė vaizdo tađko amplitudė');

% Furjė transformacijos skaičiavimas ir atvaizdavimas kiekvienam spalvos
% kanalui
figure
Fs = videoInfo.VideoFrameRate           % Sampling frequency
T = 1/Fs;                               % Sample time
L = lenght;                             % Length of signal
t = (0:L-1)*T;                          % Time vector

NFFT = 2^nextpow2(L);                   % Next power of 2 from length of y
Y = fft(C(1,:),NFFT)/L;
f = Fs/2*linspace(0,1,NFFT/2+1);
subplot(3,1,1);
plot(f, (2*abs(Y(1:NFFT/2+1))), '-r', 'linewidth', 2)
xlim([0 5])                             % Aukštesni nei 5Hz dažniai neįdomūs
grid on
title('Raudono kanalo spektras');
xlabel('Daznis, Hz');
ylabel('Amplitudė, LSB');

% Galutiniam apdorojimui skirto spektro išsaugojimas
spectra(:,1,1) = (2*abs(Y(1:NFFT/2+1))).^2;
spectra(:,2,1) = f;

NFFT = 2^nextpow2(L);
Y = fft(C(2,:),NFFT)/L;
f = Fs/2*linspace(0,1,NFFT/2+1);
subplot(3,1,2);
plot(f, (2*abs(Y(1:NFFT/2+1))), '-g', 'linewidth', 2)
xlim([0 5])
%ylim([0 0.35])
grid on
title('Zalio kanalo spektras');
xlabel('Daznis, Hz');
ylabel('Amplitudė, LSB');

spectra(:,1,2) = (2*abs(Y(1:NFFT/2+1))).^2;
spectra(:,2,2) = f;

```

```

NFFT = 2^nextpow2(L);
Y = fft(C(3,:),NFFT)/L;
f = Fs/2*linspace(0,1,NFFT/2+1);
subplot(3,1,3);
plot(f,(2*abs(Y(1:NFFT/2+1))), '-b', 'linewidth', 2)
xlim([0 5])
%ylim([0 0.35])
grid on
title('Melyno kanalo spektras');
xlabel('Daznis, Hz');
ylabel('Amplitudė, LSB');

spectra(:,1,3) = (2*abs(Y(1:NFFT/2+1))).^2;
spectra(:,2,3) = f;

temp = (spectra(:,2, 1) > 0.5 & spectra(:,2, 1) < 2.5);

% gyvo žmogaus nustatyme naudojamo spektro vaizdavimas
finalSpectra = spectra(:,1,2);
finalSpectra = finalSpectra(temp);

figure
f = f(temp);
plot(f, finalSpectra, '-r', 'linewidth', 2)
grid on
xlabel('Dažnis, Hz');
ylabel('Amplitudė, LSB^2');

%% Įvertinimas, ar vaizdo įrašė užfiksuotas gyvas žmogus

% ribinės vertės
MinMaxAllowed = [0.002 0.2];
MaxMeanSignal(1) = max(finalSpectra);
MaxMeanSignal(2) = mean(finalSpectra)
neededDifference = 7;
MaxMeanSignal(1)/MaxMeanSignal(2)

% Rezultatų vertinimas
if MaxMeanSignal(1) > MinMaxAllowed(1) ...
    && MaxMeanSignal(2) < MinMaxAllowed(2) ...
    && MaxMeanSignal(1)/MaxMeanSignal(2) >= neededDifference
    result = true
    disp('Áraðe gyvas þmogus')
else
    result = false
    disp('Áraðe imitacija')
    if MaxMeanSignal(1) > MinMaxAllowed(1)
        disp('signalo amplitudė per didelė')
    else if MaxMeanSignal(2) < MinMaxAllowed(2)
        disp('signalo amplitudė per maþa')
    else
        disp('per maþas santykis tarp signalo ir vidurkio')
    end
end
end

% Išsivalymas
release(videoFileReader);
release(videoPlayer);
release(geometricTransformEstimator);
release(pointTracker);

```

## **2 PRIEDAS. KOMPAKTINIS DISKAS**

Kompaktinio disko turinys

1. Magistro darbas
2. Gyvo žmogaus atpažinimo vaizdo įrašė pagal odos spalvos kitimą programos  
MATLAB scenarijus