

# Sejas izdalīšana dinamiskā vidē

Krista Valkovska<sup>1</sup>, Aleksandrs Glazs<sup>2</sup>, <sup>1,2</sup>Rīga Technical University

**Kopsavilkums.** Darbā aprakstīta cilvēka sejas izdalīšana no kadra. Piedāvātā pieeja ir modificēts sejas izdalīšanas algoritms. Seja tiek izdalīta dinamiskā vidē, balstoties uz ādas toni, piesātinājuma vērtībām un kontūru informāciju. Iegūtos rezultātus ir iespējams izmantot kā pamatu sejas atpazīšanas programmai, jo iespējams saglabāt no kadriem izdalīto seju, ko vēlāk var apstrādāt ar sejas atpazīšanas programmu.

**Atslēgas vārdi:** sejas atrašana, sejas izdalīšana, ādas toņa izmantošana, dinamiska vide.

## I. IEVADS

Mūsdienu multimediju pārpilnajā vidē rodas vajadzība kvalitatīvi un ātri veikt sejas izdalīšanu dažādos tiešsaistes lietojumos, piemēram, *web* kameru video materiālā, tāpēc cilvēka sejas izdalīšana ir aktuāla tēma datorgrafikā un attēlu apstrādē. Dažādi kustīgi apgabali (reģioni) atbilst dažādiem kustīgiem objektiem scēnās, lai izsekotu vēlamajam objektam, piemēram, cilvēkam, nepieciešams nošķirt to no citiem kustīgiem objektiem. Sejas izdalīšana attēlā ir pamats jebkurai sejas atpazīšanas sistēmai, kura atrod un izdala sejas apgabalu no fona. Sejas izdalīšanu un atpazīšanu izmanto tādās sfērās kā drošības sistēmas, video konferencē un inteligentos (cilvēks-dators) interfeisos. Tomēr joprojām daudzas sejas izdalīšanas problēmas nav atrisinātas (seju izdalīšana sarežģītā vidē, zemas kvalitātes attēli, algoritmu darbības ātrums u.c.), tāpēc tiek turpināti pētījumi šajā jomā.

No video un foto materiāla netiek iegūti attēli tikai ar sejām, tāpēc nepieciešama sistēma, kas atrod un izdala seju no attēla, lai tālāk šīs sejas varētu tikt eksportētas uz sejas atpazīšanas sistēmu. Sejas izdalīšanas algoritma mērķis ir identificēt sejas atrašanās vietu attēlā un mērogot to. Cilvēkam nesagādā grūtības atpazīt citas sejas, tomēr datoram tas vēl joprojām ir sarežģīts uzdevums. Tas ir tāpēc, ka cilvēka seju var mainīt dažādi faktori: sejas izteiksme, brilles, mērogs, apgaismojums, sejas pagrieziena leņķis, piemēram, seja pretskatā vai sānkatā.

Ir izveidotas daudzas metodes sejas izdalīšanai attēlā, kas balstītas uz iezīmēm, zināšanām, šabloniem un apmācību. Uz zināšanām balstīta metode: ar šo paņēmieni kodē cilvēku zināšanas par to, kā izskatās un no kā sastāv tipiska cilvēka seja. Parasti likumus iegūst no intensitātes attiecībām starp sejas raksturīgām iezīmēm (piemēram, starp acīm un degunu). Uz zināšanām balstīto metodi nav iespējams izmantot sejas izdalīšanai videomateriālā, jo ar šo pieeju nevar atrast seju dažādās pozās – nav iespējams uzskaitīt visus iespējamus gadījumus; ir grūti izdalīt vairākas sejas uz sarežģīta fona. Turklāt grūti izveidot likumu kopu, jo ar pārāk detalizētiem likumiem nav iespējas atrast cilvēka seju, bet ar pārāk vispārīgiem likumiem tiks atrasti daudzi kļūdaini rezultāti, kas nav sejas, tāpēc šī metode nedod augstu izdalīšanas koeficientu

[1]. Uz iezīmēm balstītā tehnikā tiek meklētas nemainīgas iezīmes sejas izdalīšanai. Pieņēmums balstīts uz novērojumiem, ka eksistē tādas iezīmes, kuras, mainoties apstākļiem, paliek nemainīgas. Tiek meklētas iezīmes, piemēram, ādas krāsa, tekstūra, sejas iezīmes, kuras eksistē pat tad, kad mainās nosacījumi, piemēram, sejas izteiksme, forma, krāsa, intensitāte, kontūra, apgaismojums, un tad tās tiek izmantotas, lai atrastu seju. Šajā metodē vispirms tiek atrastas sejas iezīmes un tad, pamatojoties uz šīm iezīmēm, tiek secināts, vai tā ir seja vai nē [2].

Uz šablonu sakritību balstīta tehnika. Lai aprakstītu seju kopumā vai atsevišķas sejas iezīmes, atmiņā tiek glabāti šabloni. Līdzību starp ieejas attēlu un saglabāto paraugu nosaka pēc aprēķina. Ar šablonu sakritības metodi, līdzīgi kā uz zināšanām balstītajā metodē, ir grūti izveidot šablonus dažādām sejas izteiksmēm, kas ir viens no priekšnoteikumiem, lai izdalītu seju dinamiskā vidē. Turklāt, lai atrastu seju, šabloniem jābūt inicializētiem sejas apgabalā [2].

Uz apmācību balstītā tehnika balstās uz šabloniem, kas tiek iegūti apmācības ceļā no apmācību izlases attēliem, kuros atspoguļots sejas mainīgums dažādā apgaismojumā un pozās. Šādu metožu piemēri ir neironu tīkli [3], Viola-Džonsa algoritmi [4], slēptie Markova modeļi [5]. Uz apmācību balstītās metodēs nepieciešams veikt mērogošanu, lai izdalītu seju, nepieciešams izveidot labu apmācošo izlasi, kas sastāv no ļoti lielām pozitīvu un negatīvu piemēru kopām (katrai vismaz ap 8000 piemēru), tādēļ apmācošās izlases sagatavošana ir ļoti laikietilpīgs un darbietilpīgs process. Problēmas sagādā arī apmācības ilgums, piemēram, Viola-Džonsa algoritms darbojas salīdzinoši ātri, jo aprēķinus veic, izmantojot integrālo attēlu, bet apmācība *Adaboost* algoritmam aizņem vairākas dienas.

Tā kā iepriekš uzskaitīto metožu trūkumi kavē to izmantošanu reālā laika lietojumos, tiek piedāvāts modificēts sejas izdalīšanas algoritms, kas balstīts uz sejas iezīmēm – ādas toni un kontūru informāciju un piemērots sejas izdalīšanai dinamiskā vidē.

## II. PIEDĀVĀTĀ PIEEJA

Reālā laikā sejas izdalīšana ir daudz sarežģītāka, nekā statiskā attēlā. Galvas kustības, zemas izšķirtspējas, mazs ieejas attēls, izplūdis attēls, seju lielā daudzveidība ir fakti, kas sarežģī sejas meklēšanu un veiksmīgu izdalīšanu. Kā algoritma izvēles kritēriji ir algoritma ātrdarbība, spēja atrast sejas dažādās pozās un leņķos un apgaismojumā. Piedāvātajā pieejā tiek izmantots modificēts sejas izdalīšanas algoritms, kas balstīts uz ādas krāsas toņa reģionu meklēšanu dinamiskā vidē. Algoritms, kas izmanto sejas toni statiskā attēlā, aprakstījis Sandeep 2005.gadā [6]. Šāds algoritms neprasa daudz datora resursu, tāpēc tā algoritma un citu papildus procedūru izpildīšana neprasa daudz laika, kā tas ir, piemēram,

neironu tīklu gadījumā. Šādam algoritmam nav nepieciešamības veidot atsevišķu, sarežģītu apmācības procesu. Šajā pieejā apmācība tiek veikta, iegūstot informāciju par sejas ādas pikseļu toniņiem no daudziem sejas paraugiem (apmācības izlasē vismaz vairāki simti attēlu). Rezultātā tiek iegūts ādas pikseļu varbūtības sadalījums, kurš algoritmā tiek izmantots, lai novērtētu katra pikseļa toņa varbūtība, ka tas pieder cilvēka ādai. Šādas apmācības pieejas izmantošana dinamiskā vidē nav īpaši efektīva, jo, piemēram, video materiālos sejas tonis atkarībā no apkārtējā apgaismojuma dažkārt ievērojami maina toņa vērtību. Šajā darbā tiek piedāvāta lokāla apmācība, t.i., apmācība tiek veikta algoritma darbības laikā. Apmācības procesā, iezīmējot sejas ādas reģionu kadrā, tiek iegūts ādas pikseļu toņu varbūtības sadalījums, pēc kura tiks meklēta seja. Ja mainās apkārtējais apgaismojums un līdz ar to sejas tonis, tad reālā laikā ir iespējams koriģēt šo varbūtības sadalījumu.

### Sejas izdalīšana

Sejas izdalīšanas algoritms, izmantojot ādas toni, sastāv no trīs soļiem:

1. kontūras izdalīšana, izmantojot Sobela operatoru un ādas pikseļu klasifikācija - visi pikseļi tiek iedalīti divās klasēs atkarībā no tā, vai tie ir „ādas” pikseļi vai nav;
2. blakus esošo ādas pikseļu apvienošana reģionos;
3. iegūto reģionu parametru pārbaude, vai tie atbilst sejai.

Pirmajā solī tiek veikta ienākošā kadra (video materiāla aktuālais attēls) katra pikseļa *RGB* krāsu sistēmas vērtību pārveide uz *HSV* krāsu sistēmu. *HSV* sistēma sastāv no trīs komponentēm *H* – krāsas tonis, *S* – piesātinājums un *V* – spilgtuma vērtība. Tas nepieciešams, jo *H* un *S* komponentes precīzāk raksturo ādas krāsas toni nekā *RGB* krāsu telpas komponentes. *HSV* vērtību iegūšana notiek pēc sekojošām formulām:

$$H = \arccos \frac{\frac{1}{2}(2R - G - B)}{\sqrt{(R - G)^2 - (R - B)(G - B)}} \quad (1)$$

$$S_{HSV} = \frac{\max(R, G, B) - \min(R, G, B)}{\max(R, G, B)} \quad (2)$$

$$V_{HSV} = \max(R, G, B) \quad (3)$$

kur *R*, *G*, *B* – sarkanā, zaļā, zilā krāsa no *RGB* krāsu sistēmas [6]. Pikseļi, kuru *H* un *S* vērtības atbilst ādas pikseļu iespējamajām vērtībām (šie lielumi tiek iegūti apmācības procesā video materiāla sākumā vai adaptīvi – video pārraides laikā), tiek atzīmēti kā ādas pikseļi. Algoritma turpmākajās darbībās šie pikseļi tiks izmantoti iespējamo sejas reģionu analīzei. Kontūru izdalīšana ir nepieciešama, lai daudz precīzāk varētu izdalīt sejas reģionu, jo dinamiskā vidē cilvēka seja gandrīz vienmēr būs kustībā, tāpēc ap to veidosies izteiktas kontūras. Atzīmējot pikseļus, kuri veido kontūras kā ādai nepiederošas, var efektīvāk atdalīt sejas reģionu no

apkārtējās vides, it īpaši, ja ādas krāsas tonis ir ļoti līdzīgs apkārtējai videi.

Otrajā soli tiek veikta visu ādas pikseļu analīze. Visi blakus esošie ādas pikseļi tiek apvienoti reģionos, t.i., ja vienam ādas pikselim jebkurā virzienā (arī diagonāli) blakus atrodas cits ādas pikselis, tad šie abi pikseļi veido vienu reģionu. Attiecīgi reģions var paplašināties atkarībā no šādu blakusesošu ādas pikseļu daudzuma. Pikseļu apvienošana tiek veikta, izmantojot reģionu audzēšanas algoritmu. Algoritms savu darbu sāk ar kadra pirmo pikseli (koordinātes  $x=0$  un  $y=0$ ), un tas pārvietojas pa labi un uz leju, līdz tiek sasniegts pēdējais pikselis. Katram ādas pikselim tiek pārbaudīti visi kaimiņi, lai noteiktu, vai kāds no tiem ir ādas pikselis.

### Algoritma darbība:

1. tiek izvēlēts sākumpikselis  $(x_i, y_j)$ , kur  $i=0..M$  un  $j=0..N$  ( $M$  – kadra platums-1,  $N$  – kadra augstums-1);
2. ja pikselis ir atzīmēts kā ādas pikselis, tad tas tiek ievietots stekā, pretējā gadījumā tiek atkārtots 1. solis nākamajam pikselim kadrā;
3. apskata pirmā steka pikseļa visus blakus pikseļus un ievieto tos stekā, ja ir ādas pikseļi;
4. apskatītajam pikselim tiek piešķirta reģiona piederības pazīme un tas tiek izņemts no steka;
5. tiek pārorganizēts steks (otrais elements tiek ielikts pirmajā vietā, trešais – otrajā utt.);
6. ja steks nav tukšs, tad atkārtoti 3. – 6. soli.

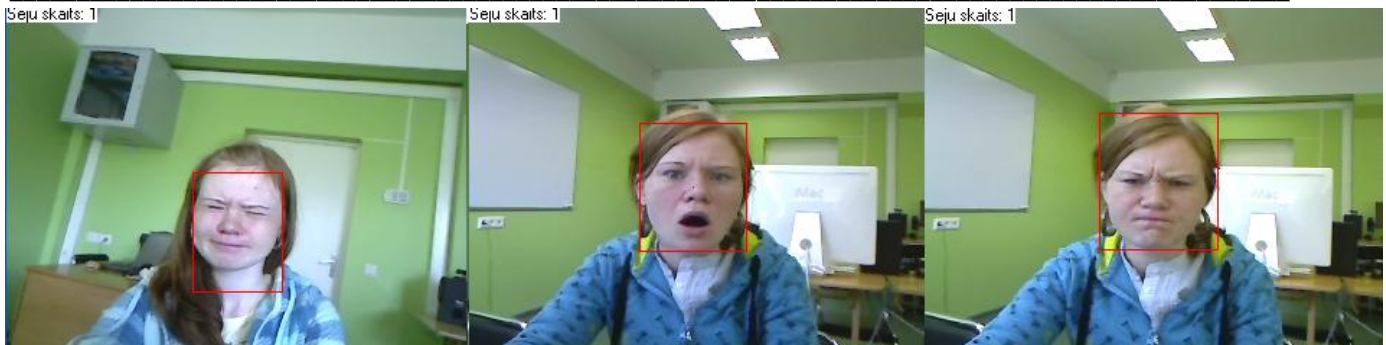
Trešajā solī tiek veikta visu iegūto ādas pikseļu reģionu parametru pārbaude. Visiem reģioniem tiek veiktas šādas pārbaudes:

1. tiek atņemti visi reģioni, kuriem ādas pikseļu skaits ir mazāks vai lielāks par uzdoto sliekšņa vērtību, tas ir nepieciešams, lai algoritms atņemtu ļoti mazus, vai pretēji – lielus (piemēram, reģions aizņem pusi kadra), ādas pikseļu reģionus. Piemēram, mazos reģionos (10 ādas pikseļi) cilvēka seju identificēt ir gandrīz neiespējami, līdzīgi ir ar lieliem reģioniem.
2. katram reģionam nosaka ādas pikseļu procentuālo daudzumu taisnstūrī, kas apņem reģionu (mazs pikseļu skaits lielā reģionā norāda par ādas pikseļu izklidētību, kas nav raksturīgs sejas apgabalam);
3. tiek veikta reģiona augstuma un platuma proporcijas pārbaude, pēc sekojošas formulas:

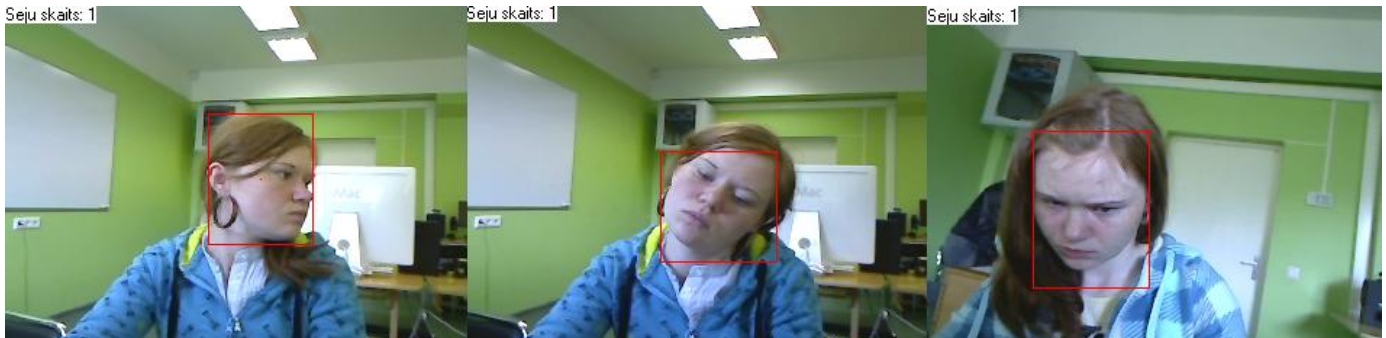
$$N = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \pm \varphi \quad (4)$$

kur *N* – augstuma un platuma proporcija, bet  $\varphi$  – pieļaujamā nobīde.

Ja visas pārbaudes reģionam izpildās pozitīvi, tad reģions tiek atzīmēts kā sejas reģions. Reģionu apstrādes ātrums ir atkarīgs no ādas pikseļu daudzuma kadrā – jo vairāk ādas pikseļu kadrā tiek konstatēti, jo lielāks būs algoritma apstrādes ātrums.



1. att. Sejas izteiksmju daudzveidība.



2. att. Izdalīta seja dažādos leņķos, pagriezienos.

### III. EKSPERIMENTI

Sejas izdalīšanas algoritma darbība tika pārbaudīta ar dažādām sejas izteiksmēm un pozīcijām, vairākām sejām, dažādos apgaismojumos un ar dažādiem traucēkļiem. Kā arī veikta sejas izdalīšanas kļūdu novērtēšana, analizējot kadrus dažādos apstākļos. Eksperimentā tika izmantotas vairāku firmu tīmekļu kameras (gan lētas, gan vidējas klases). Algoritma pārbaude tika veikta, izmantojot autora veidotu programmu, kuras izstrāde tika veikta ar *Borland Delphi 7.0* programmatūru. Eksperiments tika veikts sejas izdalīšanai ar dažādām sejas izteiksmēm, dažādās pozīcijās un apgaismojumos, kā arī ar vairākām sejām vienlaicīgi video materiālā.

Viena no problēmām video materiālā ir daudzo sejas izteiksmju noteikšana, jo cilvēka grimases var mainīties ik sekundi. Piemēram, ja cilvēks runā, tad nepārtraukti viņam kustās mute, tātad šajā reģionā nepārtraukti var novērot dažādas izmaiņas. Algoritms uzrāda labus rezultātus, izdalot sejas ar dažādām sejas izteiksmēm, piemēram, domīga, dusmīga, priecīga sejas izteiksme (skatīt 1. attēlu). Algoritma precizitāte ir saistīta ar to, ka dažādas sejas izteiksmes īpaši neietekmē ādas pikseļu skaitu sejas reģionā. Piemēram, aizvērtas vai atvērtas acis tikai minimāli palielina vai samazina ādas pikseļu skaitu reģionā.

Izstrādātais algoritms spēj dinamiski izdalīt seju arī tad, ja tā maina pagrieziena vai pacēlumu (noliekta uz vienu vai otru sānu), t.i., seja ir dažādās pozās, nevis tikai tiešā pretskatā (skatīt 2. attēlu).

Tā kā algoritma darbība pamatā darbojas uz krāsu informāciju, tad bieži vien problēmas sagādā mainīgs

apkārtējais apgaismojums. Eksperiments tika veikts pie dažādiem apgaismojumiem – ļoti spilgta, kvēlspuldzes, dabīgā un neliela. Daudzām kamerām ir automātiska spilgtuma pielāgošana apkārtējai videi, līdz ar to, izmainoties apgaismojumam, bieži vien izmainās arī ādas krāsas toņa vērtība. Novērtējot apgaismojumu, var secināt, ka algoritma darbība ir ļoti laba, ja apgaismojums sejas reģionā ir viendabīgs - gaišs vai tumšs (skatīt 3. attēlu). Taču, tiklīdz strauji izmainās apgaismojums, tad sejas atrašanās vietu var pazaudēt. Gadījumā, ja seju apspīd izteikti spilgta gaisma no viena sāna, tad seja sadalās divās daļās – viena puse ļoti gaiša, otra - tumša. Tādā gadījumā programma atrod tikai vienu sejas daļu, jo sejas reģionā ir lielas ādas krāsas toņa un kontūru atšķirības starp sejas gaišo un tumšo pusi.

Neprecīzu sejas izdalīšanu var ietekmēt arī dažādi traucēkļi. 4. un 5. attēlā ir redzami sekmīgi un nesekmīgi sejas izdalīšanas piemēri dažādos apstākļos. Kā redzams, 4. attēlā caurspīdīgi elementi, piemēram, parastas brilles, īpaši neizmaina fonā esošo toni. Vairāku seju meklēšana pēc būtības notiek identiski kā vienas sejas meklēšanas gadījumā, tāpēc algoritmam nesagādā grūtības izdalīt vairākas sejas video materiālā (4. attēls).

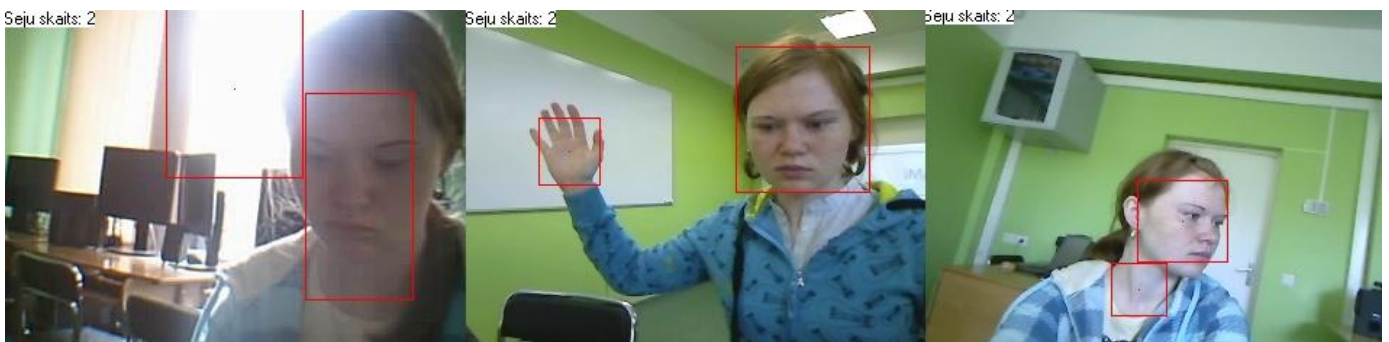
Novērtējot algoritma atbilstību sejas izdalīšanai reālā laikā, var secināt, ka algoritma darbība neveido izteiktas aizkaves, līdz ar to video materiāls ir labi uztverams un nav saraustris. Algoritma ātrdarbība ir atkarīga no ādas pikseļu daudzuma kadrā – jo vairāk ādas pikseļu, jo lēnāk algoritms darbosies, taču kopsummā šī atšķirība nav ievērojama, lai tā būtiski ietekmētu sejas izdalīšanas ātrdarbību.



3. att. Seja dažādā apgaismojumā.



4. att. Seja ar traucēkļiem un vairākas sejas.



5. att. Klasifikācijas kļūdas.

#### IV. SECINĀJUMI

Izstrādāts modificēts algoritms sejas izdalīšanai dinamiskā vidē. Izstrādātās pieejas pluss - sejas izdalīšanas algoritma samērā vieglā realizācija, jo nav nepieciešams ilgs un specifisks apmācības process, kā tas ir daļai citu algoritmu, piemēram, kā neironu tīklos. Kā svarīgu priekšrocību var minēt algoritma ātrdarbību - vidēji sekundē spēj apstrādāt 5 kadrus. Salīdzinot ar citām sejas izdalīšanas pieejām, kuras izmanto ādas krāsu, piedāvātā pieeja spēj pielāgoties dažādām apgaismojuma vidēm, jo ādas krāsas tonis kadros mainās atkarībā gan no ārējā apgaismojuma, gan no kameras īpašībām. Kā pozitīvu var minēt, ka ar piedāvāto pieeju var precīzi atrast seju ar dažādām sejas izteiksmēm, piemēram, domīgu, dusmīgu, priecīgu utt., kā arī pagrieztu dažādos leņķos vai pacelta uz augšu vai nolaista uz leju, kas ir problemātiska daudzās sejas izdalīšanas metodēs. Ir iespējams izdalīt seju arī dažādos attālumos no kameras, un atšķirībā no uz apmācības balstītiem algoritmiem, nav nepieciešama ieejas

kadra vai attēla mērogošana, lai izdalītu seju. Nozīmīga pieejas priekšrocība ir spēja izdalīt seju dažādā apgaismojumā - gan dienasgaismā, gan mākslīgā apgaismojumā. Kā pozitīvu aspektu var arī minēt, ka, parastās brillēs sejas atrašanu īpaši neietekmē, salīdzinot ar sejas meklēšanu bez brillēm, jo parastās brillēs ir caurspīdīgas, un zem tām salīdzinoši labi ir redzams ādas tonis. Ar izveidoto pieeju kadrā var izdalīt vairākas sejas vienlaicīgi, kas ir būtiski, pielietojot programmu reālā darba vidē.

Pieejas trūkums - grūtības izdalīt seju tad, kad tā tiek apspīdēta no sāna, t.i., sejas viena puse ir ļoti gaiša, bet otra - tumša. Izteikti gaišos un tumšos reģionos ir problemātiski noteikt precīzu toni, tāpēc bieži vien sejas reģionā un apkārt tai izgaismotie vai tumšie pikseli pieņem līdzīgu toņa vērtību. It īpaši tas ir novērojums, izmantojot zemas kvalitātes kameras. Augstas kvalitātes kamerām krāsas tiek attēlotas daudz precīzāk.

LITERATŪRAS SARAKSTS

- [1] S. Sharma, N. Sharma, A. Malhotra // Analysis of a hybrid face detection system using feature ex-traction and neural network methods - Milia Islamia University, New Delhi 2010 Vol. 2, No. 2, pp. 300-303.
- [2] Ming-Hsuan Yang, David J. Kriegman, Narendra Ahuja // Detecting Faces in Images: A Survey - IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2002 No. 1, January, Vol. 24
- [3] S. Haykin. Neural networks: a comprehensive foundation. — 2nd ed. Prentice-Hall, Inc., 1999. — 842 p.
- [4] Paul Viola, Michael Jones // Robust Real-time Object Detection - Vancouver, Canada, 2001.
- [5] Ara Nefian // A Hidden Markov Model Based Approach for Face Detection and Recognition – Georgia Institute of Technology, Atlanta, August, 1999
- [6] K. Sandeep, A.N. Rajagopalan // Human Face Detection in Cluttered Color Images Using Skin Color and Edge Information - Department of Electrical Engineering Indian Institute of Technology , 2005.

**Krista Valkovska** was born in Riga, Latvia, on January 3, 1987. She received the degree of B.sc.ing (2009) and M.sc.ing (2011) in Riga Tehnical University, Riga, Latvia.  
E-Mail: k.valkovska@gmail.com

**Aleksandrs Glazs** was born in Riga, Latvia, on April 7, 1939. He is a professor at Riga Technical University, Faculty of Computer Science and Information Technology, Vice-Director of Institute of Computer Control, Automation and Computer Engineering, Head of Image Processing and Computer Graphics professor's group.  
He received the degree of Candidate of Technical Sciences from the Riga Polytechnic Institute in 1971 and the degree of Doctor of Technical Sciences (Dr.habil.sc.ing.) from the Russian Academy of Science in Moscow in 1992. He has written more than 100 scientific publications in different areas, including: pattern recognition, images processing, computer vision and computer graphics.  
Address: Meza str. 1, LV-1048, Riga, Latvia  
E-Mail: glaz@egle.cs.rtu.lv

**Krista Valkovska, Aleksandrs Glazs. Face Detection in Dynamical Enviroment**

Face detection is a topical problem in computer graphics, image processing and other areas of science. There are many face detection methods for static images but only a few methods are suitable for face detection in a dynamic environment, because they are time-consuming and their implementation often requires complicated preparation process. This work describes algorithm of face detection, which is designed to be able to perform real-time face detection in a dynamic environment. This algorithm is based on the search of face features (skin tone, contour) and is similar to face region extraction. The algorithm is based on three steps: all pixels are classified into two classes – skin and non-skin pixel classes, contour detection; merging of skin pixels in regions; resulting region analysis to determine face existence in the region. HSV colour system is used to detect skin colour because it describes skin tone much better than the RGB colour system. To determine skin pixels probability distribution of skin tone is used, which is obtained from a sample of face in dynamic environment material (example, video material). This can be done either before the beginning of the algorithm or during its operation. Such an approach of learning algorithm is simple, fast and adaptive.

This algorithm is able to perform face detection in real-time with faces at different turn angles, different facial expressions, various lighting conditions, as well as with multiple faces simultaneously. Learning process of the algorithm allows adapting to environmental and lighting conditions. It means that skin tones do not need to be in certain tone values, i.e. it can vary. Developed algorithm is also able to process the image quickly; therefore, it is suitable for both static images and video, where algorithm creates small delay.

**Криста Валковска, Александр Глаз. Выделение лиц на динамических изображениях**

Выделение лиц является одной из актуальных задач в обработке и распознавании изображений. Существует множество методов для выделения лиц на статических изображениях, но только некоторые из них могут быть применимы для динамических изображений из-за больших временных затрат и подготовки большого объема предварительных расчётов.

В данной работе предложен алгоритм выделения лиц на изображении, который позволяет реализовать выделение лиц при изменении изображения в режиме реального времени. Этот алгоритм основан на выделении признаков объекта (контур объекта и тон кожи), которые соответствуют лицу. Алгоритм включает три этапа: 1) классификация пикселей и выделение контуров; 2) объединение соответствующих пикселей в области; 3) анализ полученных областей. Для определения тона кожи используется цветовая система HSV, потому что она позволяет намного лучше описать тон кожи, чем цветовая система RGB. Для определения пикселей кожи используется распределение вероятностей, которое получено из фрагмента лица из материала динамической среды (фрагмент видео). Это можно выполнить перед началом или во время работы алгоритма. Подход обучения алгоритма прост, быстр и адаптивен.

Предложенный алгоритм позволяет выделить лица при различных поворотах, мимике и освещении. Также, алгоритм позволяет одновременно выделить несколько лиц. Обучение алгоритма дает возможность подстроиться к изменениям в освещении и условиях окружающей среды. Это значит, что тон кожи не должен находиться в каком либо определенном диапазоне и может меняться. Предложенный алгоритм также может быстро обработать изображение, поэтому его можно использовать не только для статических изображения, но и для обработки видео материалов с небольшой задержкой.