

Jedna metoda odabira obeležja za ocenu kvaliteta videa

Jovana Filipović, Vladimir Zlokolica, *Member, IEEE*, i Dragan Kukulj, *Senior Member, IEEE*, Željko Lukač, *Senior Member, IEEE*

Sadržaj — U ovom radu su opisani odabir i smanjenje broja objektivnih obeležja za procenu kvaliteta slike ili videa. Svrha rada je svodenje skupa od 29 objektivnih obeležja na 5 najreprezentativnijih koja će zajedno dati najbolju procenu kvaliteta videa u skladu sa subjektivnim sudom. U radu je opisan način odabira tih obeležja i dati su rezultati dobijeni analizom. Algoritam je realizovan u jeziku *Matlab*.

Ključne reči — video kvalitet, objektivne mere, subjektivna ocena, odabir mera.

I. UVOD

POSLEDNJIH godina se povećava potreba za razvijanjem metoda za objektivnu procenu kvaliteta slike ili videa kao niza slika, često nazivanim video sekvenca, koje mogu da ocene sliku automatski. U prošlosti je veliki napor uložen u razvoj novih objektivnih merila za kvalitet slike uzimajući u obzir mere kvaliteta koje se mogu opaziti okom razmatrajući karakteristike ljudskog vizuelnog sistema (eng. Human Visual System, HVS). Mnogi od predloženih pristupa za meru kvaliteta slike zahtevaju originalnu sliku kao referencu.

Nasuprot tome, čovek lako može da razluči kvalitet oštećene slike bez uvida u bilo kakvu referentnu sliku (eng. No-Reference, NR). Iz tog razloga je u ovom slučaju korišćen takav skup mera koje bez referentne slike daju procenu kvaliteta oštećene slike.

Različiti načini kodiranja uzrokuju različite vrste artefakta. Na primer, tehnika kodiranja zasnovana na blokovskoj diskretnoj kosinusnoj transformaciji (DCT), koja se koristi kod JPEG i MPEG kodiranja, najviše unosi artefakt primetnih ivica blokova u slici (eng. blocking) [1]. Ovaj artefakt nastaje kod tehnika kodiranja zasnovanih na blokovima zbog grube kvanizacije frekvencijskih komponenti i može se posmatrati kao nepovezanost slike na

Ovaj rad je delimično finansiran od Ministarstva za nauku Republike Srbije, projekat 161003, od 2008. god.

Jovana Filipović, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija, osek Računarstvo i automatika, Trg Dositeja Obradovića 6 Novi Sad (telefon: 381-21-4801-119; e-mail: jovana.filipovic@rt-rk.com).

Vladimir Zlokolica, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija, osek Računarstvo i automatika, Trg Dositeja Obradovića 6 Novi Sad; (telefon: 381-21-4801-152; e-mail: vladimir.zlokolica@rt-rk.com).

Dragan Kukulj, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija, osek Računarstvo i automatika, Trg Dositeja Obradovića 6 Novi Sad; (telefon: 381-21-455-946; e-mail: dragan.kukulj@rt-rk.com).

Željko Lukač, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Srbija, osek Računarstvo i automatika, Trg Dositeja Obradovića 6 Novi Sad; (telefon: 381-21-455-176; e-mail: zeljko.lukac@rt-rk.com).

ivicama blokova. Artefakt, koji nastaje oko jakih ivica u slici, se može posmatrati kao pseudo-periodična ivica oko originalne ivice u slici (eng. ringing) [2]-[3]. To se dešava zbog nepravilnog skraćivanja visokofrekventne komponente. Ovaj artefakt je takođe poznat kao Gibsov (Gibbs) fenomen ili Gibsov efekat. Takođe se posmatra i kao lažna ivica u slici. Do efekta zamućenja (eng. blurring) koji se pojavljuje kao zamućenost ivica u slici ili zamagljena tekstura slike, dolazi zbog gubitka visokofrekventne komponente. Ovaj artefakt izaziva da slika bude mutnija nego originalna [4].

Postoji mnoštvo objavljenih radova koji predlažu različite metode merenja pomenutih izobličenja slike koja nastaju prilikom kodiranja. Cilj svakog pristupa oceni kvaliteta slike ili videa bez poznavanja njihovih originala je da se stvori sistem za procenu na osnovu predloženih metoda koji bi predvideo srednju ocenu subjektivnog suda ljudi (eng. Mean Opinion Score, MOS) [5], bez uvida u originalnu sliku ili video sekvencu.

Veći broj objavljenih pristupa za merenje količine artefakta, koji nastaju kao problem kodiranja videa MPEG koderom, je implementiran i korišćen u realizaciji ovog rada. Predložen je način izbora optimalnog skupa mera, za koji se obučava veštačka neuronska mreža (eng. Multylayer Perceptron, MLP) [6] kao nelinearni sistem koji bi na najbolji način predvideo srednju subjektivnu ocenu, MOS.

Poglavlje II. sadrži predlog odabira optimalnog skupa objektivnih obeležja, III. poglavlje sadrži opis predložene metodologije, a IV. rezultate dobijene nakon istraživanja. Kratak zaključak je dat u V. poglavlju.

II. PREDLOG NAČINA ZA ODABIR OPTIMALNOG SKUPA OBJEKTIVNIH MERA

Prethodno je implementiran skup od 29 objavljenih pristupa za merenje količine artefakta u slici uvedenih MPEG kodiranjem. Lista obeležja sa njihovim referencama je navedena u TABELA 1.

Potom treba pronaći srednju subjektivnu ocenu kvaliteta, a onda i objektivnu ocenu za 9 video sekvenci standardnog formata (eng. Standard Definition, SD) [7] datih od VQEG grupe (eng. Video Quality Expert Group). Video sekvence su kodirane je u skladu sa MPEG2 standardom na pet različitih bitskih brzina.

Za dobijanje srednje subjektivne ocene je korišćena standardna procedura u skladu sa [5].

Za računanje korelacije objektivnih ocena i srednje subjektivne ocene, kao i korelacije između objektivnih

mera između sebe, korišćene su Pirsonova (Pearson) i Spirmanova (Spearman) metoda, a u cilju pronalaženja odstupanja objektivnih ocena od srednje subjektivne ocene je korišćen koren srednje kvadratne greške (eng. Root Mean Square Error, RMSE).

TABELA 1: LISTA OBJEKTIVNIH MERA

#	Naziv objektivne mere	Referenca
1	Two field difference	[8]
2	Variance ratio	[9]
3	Blockiness	[10]
4	Ringiness	[3]
5	Ringiness 2	[3]
6	Global motion vector intensity	[2]
7	Activity	[1]
8	Blocking effect	[1]
9	Zero-crossing rate	[1]
10	Z score	[1]
11	Gradient based activity	[11]
12	Edge activity	[11]
13	Contrast	[11]
14	Correlation	[12]
15	Energy	[12]
16	Local homogeneity	[12]
17	Variance	[12]
18	Contrast	[12]
19	Blocking occurrence	[13]
20	Blocking intensity	[13]
21	Blocking summary	[13]
22	Ringiness	[14]
23	Blurring	[4]
24	HVS mean	[15]
25	HVS variance	[15]
26	HVS median	[15]
27	Motion estimation	[16]
28	Blocking objective score	[13]
29	Blocking subjective score	[13]

Najefikasniji skupa obeležja je odabran na osnovu njihovog odnosa sa MOS-om i na osnovu njihovog međusobnog odnosa.

III. OPIS METODOLOGIJE ODABIRA OBELEŽJA

A. Subjektivno ocenjivanje video sekvenci

Najreprezentativniji pristup proceni kvaliteta videa je subjektivno ocenjivanje čoveka kao posmatrača, čija će konačna procena verno odraziti percepciju gledaoca. Subjektivna mera kvaliteta (MOS), koja predstavlja srednju ocenu mišljenja grupe ljudi kao posmatrača, izvedena je iz testova rađenih prema ITU-R BT.500-10 [5]. Prvo je određen broj video sekvenci SD formata kodiran i dekodiran MPEG2 video kodekom na različitim bitskim brzinama. Gledaocima su zatim u ispitivanju predstavljeni parovi sekvenci (eng. Double Stimulus Continuous Quality Scale, DSCQS), gde je prva u paru originalna, a druga kodiranjem oštećena sekvenca. Nakon toga su za ocenjivanje nasumično spojene originalna i oštećene video sekvence da bi gledaoci ocenili kvalitet svih oštećenih videa na skali od 1 do 5 u skladu sa tim koliko ih smatraju kvalitetnim. Moralo je da bude

najmanje 20 lica za svako ispitivanje, kako bi se dobili statistički smisleni rezultati, a trajanje ispitivanja je moralo da bude najviše 30 minuta kako bi se zadržala pažnja gledalaca.

B. Objektivno ocenjivanje video sekvenci

Kako se u poslednje vreme javlja potreba za sistemima koji su sposobni da automatski predvide kvalitet, postoji veliki broj objavljenih radova koji se bave metodama za procenu kvaliteta slike ili videa. Ocena kvaliteta video sekvence se zasniva na pojedinačnoj oceni kvaliteta svake slike sekvence, odakle se za jednu sekvencu dobija onoliko vrednosti koliko sekvenca ima slika. Da bi se dobila jedna ocena za celu sekvencu uzima se medijana vrednosti ocena njenih slika. Video sekvence SD formata, koje su prethodno ocenili gledaoci, sada se ocenjuju objektivnim merama kako bi se dobla objektivna ocena kvaliteta videa. Za 9 video sekvenci i za svaki nivo degra-dacije (ukupno 45 sekvenci) su izračunate vrednosti 29 objektivnih mera na nivou slike, gde svaka video ima 220 slika. Kako se red veličine ocene slike razlikuje od metode do metode, radi ispravne statističke analize, dobijene ocene kvaliteta za svaku meru posebno preslikane su na interval od 0 do 1. Na ovaj način se dobija konačan skup objektivnih ocena upotrebljiv za dalju analizu u cilju pronalaženja mera koje na najbolji način predviđaju MOS.

C. Odabiranje objektivnih obeležja

Izabran pristup odabiru obeležja se oslanja na činjnicu da postoji veliki broj objavljenih metoda za merenje količine artefakta u slici nastalog kodiranjem. Iz tog razloga postoji veliki broj objektivnih mera koje su u veoma slične jer, na primer, mere količinu istog artefakta metodama koje se razlikuju, ali na ovaj ili onaj način, bolje predviđaju kvalitet slike u skladu sa ljudskim opažanjem. Iz tog razloga su kao kriterijum u odabiru uzeti i odnosi objektivnih ocena sa subjektivnom ocenom i međusobni odnosi objektivnih mera. Do smanjenja broja obeležja se dolazi izdvajanjem obeležja koja imaju veći uticaj u preciznom predviđanju subjektivne ocene kvaliteta. Na ovaj način se postiže smanjenje ukupne greške sistema u proceni konačnog MOS-a. Odabir obeležja dominantnih u ocenjivanju vidljivih promena kvaliteta slike je zasnovan na statističkoj analizi. Generalno rečeno, efikasnost objektivne mere u proceni video kvaliteta se ogleda kroz korelaciju sa MOS-om.

U ovom radu su korišćene sledeće mere statističke analize: koren srednje kvadratne greške (RMSE), Pirsonov koeficijent linearne korelacije (eng. Pearson linear correlation coefficient, PCC) i Spirmanov koeficijent korelacije (eng. Spearman's rank correlation coefficient, SCC). Da bi se smanjio skup objektivnih mera i izabrale one mere koje su u najvećoj korelaciji sa subjektivnom ocenom, prvo je izabrana ona mera koja se najbolje poklapa sa MOS-om po statističkoj analizi, tačnije ima najveći Pirsonov koeficijent korelacije po apsolutnoj vrednosti. U odnosu na izabranu, formira se podskup mera čije su apsolutne vrednosti PCC koeficijenata sa već izabranom merom manji od nekog praga:

$$|corr(SC)| < trsh \quad (1)$$

gde je $trsh$ visina praga, a $corr(SC)$ koeficijent korelacije objektivne mere i MOS-a.

Iz tako određenog podskupa pronalazi se nova mera koja ima najmanju korelaciju sa prethodno odabranom objektivnom merom i najveću korelaciju sa MOS-om na osnovu sledeće formule:

$$\min \left(\sum \left(v_2 corr(OC) + \frac{v_1}{corr(SC)} \right) \right), \quad (2)$$

gde je v_2 srednja vrednost Pirsonovih koeficijenata međusobnih korelacija objektivnih mera, v_1 srednja vrednost PCC koeficijenata između objektivnih mera i MOS-a, $corr(OC)$ vrednost koeficijenta korelacija između objektivnih mera.

TABELA 2: KOEFICIJENTI PCC, SCC KORELACIJE I RMSE

RMSE	#	PCC	#	SCC	#
0.2900	23	0.4586	10	0.4417	10
0.3644	18	0.3162	9	0.3123	29
0.3658	9	0.2000	6	0.3065	9
0.3714	7	0.1720	22	0.2710	22
0.3863	5	0.1453	28	0.2666	28
0.3876	14	0.1432	29	0.2283	4
0.3946	15	0.1419	4	0.2135	6
0.3957	16	0.1298	27	0.1536	1
0.3962	12	0.1225	18	0.1463	27
0.4071	13	0.1157	1	0.1438	18
0.4071	10	0.0866	5	0.0338	5
0.4130	17	0.0648	7	0.0308	7
0.4183	6	0.0398	15	0.0223	15
0.4229	11	0.0324	11	0.0095	13
0.4283	8	0.0231	23	0.0041	16
0.4399	27	0.0181	13	-0.0021	17
0.4456	4	0.0141	17	-0.0030	11
0.4680	29	0.0068	16	-0.0328	12
0.4904	28	-0.0059	2	-0.0442	14
0.4923	20	-0.0293	12	-0.0559	23
0.5015	22	-0.0461	14	-0.0956	2
0.5143	1	-0.1688	8	-0.1873	8
0.5348	3	-0.2809	20	-0.2820	20
0.5545	25	-0.3320	3	-0.2847	3
0.5634	24	-0.3968	26	-0.4089	26
0.5943	26	-0.4333	24	-0.4332	21
0.6134	2	-0.4721	19	-0.4915	25
0.6166	19	-0.4928	25	-0.5045	24
0.6288	21	-0.5266	21	-0.5621	19

Pošto je izabrana još jedna objektivna mera prema gore datom opisu i formuli, ovaj postupak se ponavlja dok se ne dobije skup od 5 objektivnih mera, uz napomenu da se algoritam na isti način ponavlja, samo što se u sledećem koraku bira podskup mera čiji su PCC između mera manji od nekog praga za obe već izabrane objektivne mere, itd.

D. Ispitivanje sistema za odabran skup mera

Za ispitivanje i potvrđivanje napretka u predviđanju MOS-a korišćen je nelinearni sistem, veštačka višeslojna neuronska mreža sa propagacijom signala unapred (MLP). Na osnovu izabranog skupa mera neuronska mreža se obučavala da predvidi MOS. Izabran pristup ispitivanje

sistema je takozvano unakrsno potvrđivanje ispravnosti (eng. cross-validation).

IV. REZULTATI

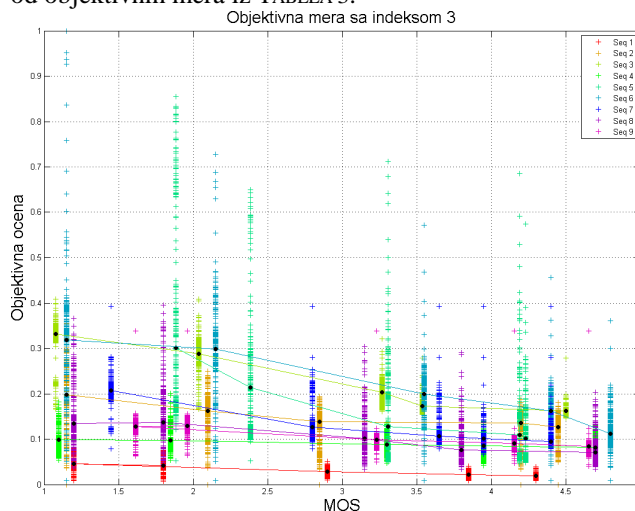
U TABELA 2 su prikazani RMSE, PCC i SCC između objektivnih mera i MOS-a. Vrednosti koeficijenata su složene po veličini, a pored svakog koeficijenta u koloni stoji indeks objektivne mere čiji je to koeficijent.

Primenom opisanog pristupa odabira obeležja u zavisnosti od visine praga $trsh$ dobijaju se skupovi obeležja prikazani u TABELA 3. Izabrane mere su obeležene indeksom, a nazivi objektivnih mera koji odgovaraju indeksima se nalaze u TABELA 1.

TABELA 3: ODABRANE OBJEKTIVNE MERA U ZAVISNOSTI OD VISINE PRAGA

Prag	Indeksi 5 izabranih obeležja				
0.9	21	25	9	3	26
0.8	21	25	9	3	20
0.7	21	9	3	20	6
0.6	21	9	3	6	22
0.5	21	9	3	6	22

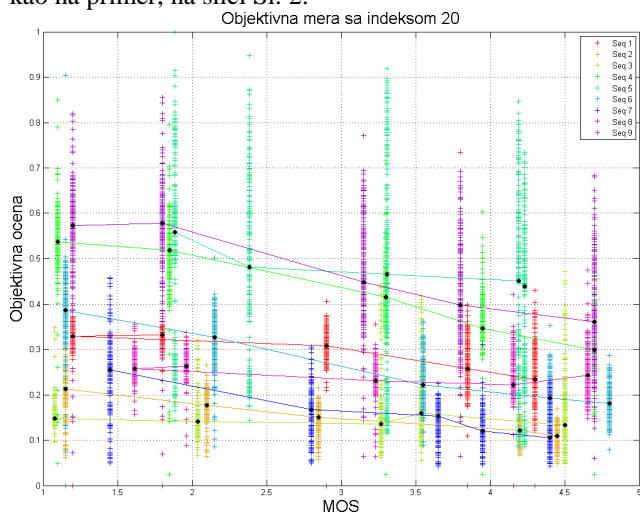
Zanimljivo je grafički prikazati kako se objektivne ocene jedne mere za korišćene video sekvence grupišu oko različitih vrednosti u zavisnosti od toga koju sekvencu ocenjuju. Na slikama Sl. 1 i Sl. 2 su prikazane samo neke od objektivnih mera iz TABELA 3.



Sl. 1. Ponašanje objektivne mere 3

Apscisa predstavlja MOS ocene sekvenci koje se kreću u intervalu od 1 do 5, a ordinata objektivne ocene skalirane na interval od 0 do 1. Crna tačka je medijana objektivne ocene za određenu sekvencu. Tako, na primer na slici Sl. 1, plavi krstići za vrednost MOS-a 1.45 su vrednosti objektivnih ocena objektivne mere 3 za sedmu SD video sekvencu, a crna tačka na tom plavom intervalu je medijana ocena. Plava linija koja spaja pet medijana objektivnih ocena za pomenutu sekvencu i njenih pet stepena oštećenja pokazuje blagi trend opadanja kako nivo degradacije sekvence opada, odnosno kako MOS raste. U TABELA 2 se može videti PCC ove objektivne mere sa MOS-om i on je sa negativnim predznakom, što pokazuje obrnutu proporcionalnost količine oštećenja u slici sa

porastom kvaliteta kodiranja. Trend opadanja ili porasta vrednosti objektivnih ocena sa porastom kvaliteta video sekvence se bolje vidi kod nekih drugih objektivnih mera, kao na primer, na slici Sl. 2.



Sl. 2. Ponašanje objektivne mere 20

A. Rezultati testiranja

TABELA 4: REZULTATI ISPITIVANJA SISTEMA ZA 9 SD SEKVENCI

Test sekvenca	RMSE ispita
"Parade"	0.3668
"Harp"	0.6756
"Ant"	0.8168
"Kayak"	0.6248
"Formula"	0.2533
"Food court"	0.6742
"Scrolling text"	0.6798
"Football"	0.4436
"Train"	0.5010

Od korišćenih 9, podaci 8 sekvenci se koriste za obučavanje sistema, dok se podaci preostale devete sekvence koriste za ispitivanja, odnosno ta sekvenca predstavlja potpuno nepoznatu sekvencu za obučeni MLP sistem. Postupak se ponavlja 9 puta, svaki put izostavljajući drugu sekvencu u postupku obučavanja kako bi se potom izostavljena sekvenca koristila za ispitivanje. U TABELA 4 su prikazani rezultati ispitivanja sistema za devet korišćenih sekvenci u istraživanju. Na osnovu ovog ispitivanja, RMSE predloženog sistema za procenu kvaliteta dostiže prosečnu vrednost od 0.56 za 20 ponovljenih ispitivanja rađenih za svaku sekvencu. Najbolja objavljena metoda za procenu kvaliteta slike (Wang, [1]) dostiže znatno veći RMSE (1.03), pokazujući da ovim radom predstavljen odabir mera postiže primetan napredak u proceni MOS-a.

V. ZAKLJUČAK

Velikim brojm objavljenih metoda za otkrivanje i merenje artefakta uvedenih na blokovima zasnovanim DCT kodiranjem, koje je moguće primeniti za merenje kvaliteta MPEG2 koderom kodiranih video sekvenci, je procenjen kvalitet dostupnih video sekveni. Opisan je pristup odabira mera kvaliteta videa, zasnovan na njihovom odnosu sa subjektivnom procenom kvalitata.

Sistem za procenu MOS-a u vidu višeslojne neuronske mreže je obučavan korišćenjem izabranih obeležja i na osnovu RMSE greške, predloženi sistem za procenu kvalitata videa dostiže bolje rezultate u odnosu na one rezultate postignute jednom merom kada se uzme ocenjivanje sekvence zasnovane na proceni kvalitata svake njene slike. Rezultati istraživanja pokazuju da je potrebno proširiti skup sekvenci neophodan za obučavanje MLP radi poboljšanja rezultata.

LITERATURA

- [1] Wang, Z., Sheikh, H.R., Bovik, A.C., "No-reference perceptual quality assessment of jpeg compressed images", 2002, 447-480.
- [2] Warwick, G., Thong, N., "Signal Processing for Telecommunications and Multi-media", ch. 6. "Classification of Video Sequences in MPEG Domain", Springer, 2004.
- [3] Kirenko, I., "Reduction of compression artifacts in displayed images", (WO/2006/056940), 2006.
- [4] Ferzli, R., Karam, L., "A no-reference objective image sharpness metric based on just-noticeable blur and probability summation. Image Processing", 2007. ICIP 2007. IEEE International Conference on 3, ch. 3, 445-448, 16 2007-Oct. 19 2007.
- [5] BT.500, I.R., "Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Tele-vision Pictures", 2002.
- [6] Haykin, S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", Macmillan, New York, 1994.
- [7] ftp://ftp.crc.ca/crc/vqeg/TestSequences/Reference/
- [8] Wolf S., Pinson M., "Video quality measurement techniques", 2002.
- [9] Kim K., Davis L., "A fine-structure image/video quality measure using local statistics", 3535-3538, 2004.
- [10] Babu V.R., Perkis, A., Hillestad O.I., "Evaluation and monitoring of video quality for uma enabled video streaming systems", *Multimedia Tools Appl.* 37(2) 211-231, 2008.
- [11] Kusuma, T., Caldera, M., Zepernick, H., "Utilising objective perceptual image quality metrics for implicit link adaptation", ch. 4, 2319-2322, 2004.
- [12] Idrissi N., Martinez J., Aboutajdine D., "Selecting a discriminant subset of co-occurrence matrix features for texture - based Image retrieval", 696-703, 2005.
- [13] Liu, S., Bovik, A. C., "Efficient DCT-Domain Blind Measurement and Reduction of Blocking Artifacts", *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, accepted for publication, 2002.
- [14] Feng, X., Allebach, J.P., "Measurement of ringing artifacts in JPEG images", 2006.
- [15] Babu, V., Perkis, A. "An HVS-based no-reference perceptual quality assessment of. JPEG coded images using neural networks", Springer, 2006.
- [16] Barjatya, A., "Block Matching Algorithms For Motion Estimation", 2006.

ABSTRACT

In this paper, we present one method for selection and reduction of objective quality measures for perceptual video quality assessment. The purpose of the selection is to reduce set of 29 objective measures to the most representative features that together provide the best video quality assessment that would predict the Mean Opinion Score. The paper describes a feature selection method and give the results obtained by analysis. The algorithm was implemented in Matlab language.

THE METHOD FOR SELECTION OF OBJECTIVE MEASURES FOR VIDEO QUALITY ASSESSMENT

Jovana Filipović, Vladimir Zlokolica, Dragan Kukulj, Željko Lukač