

# Uticaj parametara kvaliteta servisa na subjektivnu i objektivnu procenu kvaliteta videa

Danilo Stanojević, Boban Bondžulić, Boban Pavlović i Vladimir Petrović

**Apstrakt**—U radu su analizirani kašnjenje, varijacija kašnjenja – džiter, paketski gubici i propusni opseg kao parametri kvaliteta servisa, a u formi četiri tipa degradacije kvaliteta video sadržaja. Izvršena je analiza uticaja definisanih nivoa degradacija na subjektivne impresije posmatrača predstavljene kroz prosečne (srednje) subjektivne ocene (Mean Opinion Score, MOS). Za analizu je korišćena ReTRiEVED baza sekvenci sa dostupnim subjektivnim impresijama kvaliteta. Za objektivnu procenu kvaliteta korišćene su tri mere sa potpunim referenciranjem na izvorni video sadržaj. Prikazani su stepeni slaganja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta kroz dijagrame rasipanja i odgovarajuće kvantitativne mere (koeficijent linearne korelacije i korelaciju rangova). Na osnovu logističkih interpolacionih funkcija izvršeno je preslikavanje parametara kvaliteta servisa u zadovoljstvo korisnika. Pokazano je da džiter ima mnogo destruktivniji efekat od ostalih tipova degradacije signala.

**Gljučne reči**—Kvalitet servisa, subjektivna i objektivna procena kvaliteta videa, džiter, paketski gubici.

## I. UVOD

RAZVOJ multimedijalnih uređaja (pametnih telefona, tableta i dr.), praćen dostupnim tehnologijama širokopojsnih mreža, doveo je do eksponencijalnog rasta zahteva za multimedijalnim servisima visokog kvaliteta. Obim prenosa saobraćaja koji generišu mobilni uređaji premašiće 50% ukupnog mrežnog saobraćaja, dok će zahtevi za prenosom biti duplirani u 2018. godini [1]. Sa druge strane, bežične mreže su podložne stalnim promenama u okruženju, pri čemu dolazi do grešaka u prenosu. Kod prenosa video sadržaja, od presudne važnosti je očuvanje kvaliteta u uslovima ograničenih mrežnih performansi definisanih preko odgovarajućih vrednosti QoS (Quality of Service) parametara (propusni opseg, kašnjenje, varijacija kašnjenja – džiter i paketski gubici).

U tradicionalnom mrežnom pristupu, performanse mreže su predstavljene odgovarajućim nivoom QoS izraženim preko ključnih parametara (paketski gubici i kašnjenje). Međutim,

Danilo Stanojević – Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Generala Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: [dstanojevic94@gmail.com](mailto:dstanojevic94@gmail.com)).

Boban Bondžulić – Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Generala Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: [bondzulici@yahoo.com](mailto:bondzulici@yahoo.com)).

Boban Pavlović – Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Generala Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: [bobanpav@yahoo.com](mailto:bobanpav@yahoo.com)).

Vladimir Petrović – Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Srbija (e-mail: [vpetrovic@visaris.com](mailto:vpetrovic@visaris.com)).

ovakav pristup nije kompletan jer ne uzima u obzir zahteve korisnika, kao i njihova očekivanja. U skladu sa prethodno izraženim komercijalnim aspektom kvaliteta i aplikacija i servisa, savremeni mrežni pristup podrazumeva, pored termina kvalitet servisa – QoS, i zadovoljstvo korisnika – QoE (Quality of Experience). Tradicionalni QoS je relativno dobro poznat i istražen i odnosi se na performanse mreže i prenosa podataka. QoS se može definisati kao sveukupnost karakteristika telekomunikacionih mreža i servisa koji obezbeđuju zadovoljenje definisanih zahteva i implicitnih potreba krajnjih korisnika [1]. QoE je sa druge strane još uvek aktivno polje istraživanja. Pod ovim terminom misli se na opis kvaliteta iz perspektive korisnika, tj. gledaoca, sa težištem na subjektivno primećenom kvalitetu nekog sadržaja (subjektivnim osećajem korisnika) [2]. Subjektivna procena kvaliteta, iako pouzdanija, predstavlja složenije rešenje (zahteva vreme za obradu i analizu podataka), posebno sa stanovišta primene u aplikacijama namenjenim za rad u realnom vremenu. Sa druge strane, analiza mrežnih performansi izražena u formi QoS nije potpuna bez subjektivnih ocena. Iz ovih razloga, veoma je značajno analizirati međusobnu povezanost objektivnih QoS parametara (mrežne performanse) i subjektivne mere QoE (subjektivni kvalitet prenetog video sadržaja).

## II. OPIS KORIŠĆENE BAZE VIDEO SEKVENCI

ReTRiEVED baza video sekvenci sadrži 184 video sekvence (176 test sekvenci i 8 izvornih sekvenci). Test sekvence su dobijene slanjem originalnih sekvenci sa VideoLAN servera (sa MPEG-2 kompresijom za 9 Mbps i UDP protokolom) kroz kanal sa šumom koji je simuliran pomoću NetEM (Network Emulator) softvera. Na prijemnoj strani korišćen je VLC Player za snimanje podataka u TS (Transport Stream) format i za prikazivanje video sekvenci posmatračima [3]. Dimenzije kadrova sekvenci ove baze su 704x576 i 720x576 piksela.

Iako većina javno dostupnih baza video sekvenci koristi H.264/AVC kodovanje, u okviru ReTRiEVED baze analizirana je MPEG-2 kompresija koja je i dalje popularna i osnova nekih difuznih i striming servisa kao što je VoD (Video on Demand). Osim video materijala dostupni su i subjektivni skorovi kvaliteta [4].

Za svaku od izvornih sekvenci generisane su po 22 test sekvence – sekvence sa degradacijom. Analizirana su četiri tipa degradacije: kašnjenje (delay, D), džiter (jitter, J), paketski gubici (packet loss rate, PLR) i ograničenje propusnog opsega kanala (bandwidth, B).

Izabrani tipovi degradacija su osnovni elementi kvaliteta servisa (QoS) [5]. Vrednosti parametara degradacija koje su korišćene u eksperimentima su zasnovane na ITU i ETSI preporukama i njihove vrednosti date su u Tab. I.

TABELA I  
PARAMETRI DEGRADACIJA KORIŠĆENIH ZA FORMIRANJE RETRIEVED BAZE

Kašnjenje [s]	0.1	0.3	0.5	0.8	1		
Džiter [ms]	1	2	3	4	5		
Paketski gubici [%]	0.1	0.4	1	3	5	8	10
Propusni opseg [Mbps]	0.512	1	2	3	5		

Na Sl. 1 prikazani su reprezentativni kadrovi izvorne sekvence i test sekvenci. Kako je kod uvođenja kašnjenja svaki paket uniformno zakašnjen kvalitet renderovanog videa nije izmenjen (Sl. 1(b)). Veće vrednosti džitera i paketskih gubitaka, kao i ograničenje propusnog opsega kanala dovode do blokovskih gubitaka, linijskih degradacija i artefakata boje (Sl. 1(c)-(e)), a što se značajno odražava i na subjektivne impresije.

### III. ANALIZA REZULTATA SUBJEKTIVNIH TESTOVA

Subjektivni testovi su realizovani po preporukama ITU koje sugerišu uslove posmatranja, kriterijume za izbor posmatrača i test materijala, procedure procene, itd., a što omogućava dobijanje pouzdanih rezultata. U subjektivnim testovima je učestvovao 41 posmatrač. Testovi su sprovedeni po ACR-5 (Absolute Category Rating) metodologiji, odnosno posmatrači su imali na raspolaganju pet opcija za ocenjivanje i to: 1 – jako loše, 2 – loše, 3 – dobro, 4 – vrlo dobro i 5 – odlično.

Rezultati subjektivnih testova su ocene kvaliteta posmatrača, koje su usrednjene i predstavljene kroz prosečne subjektivne ocene (MOS). Može se reći da je MOS prosta aritmetička sredina skorova datih nekoj video sekvenci.

Na Sl. 2 ilustrovan je uticaj različitih tipova degradacije na subjektivne impresije kvaliteta po izvornim sekvencama.

Sa Sl. 2(a) može se zaključiti da opaženi kvalitet ne zavisi od inicijalnog kašnjenja, a što je bilo i za očekivati. Ovakav rezultat potvrđuje da su subjektivni testovi ispravno sprovedeni. Takođe, može se zaključiti da subjektivna impresija kvaliteta zavisi od sadržaja video sekvence. Posmatrači su najlošije ocenili sekvence koje potiču od "Park joy" izvorne sekvence, dok su sekvence koje potiču od sekvence "Restaurant" (Sl. 1) među bolje ocenjenim.

Džiter negativno utiče na zadovoljstvo posmatrača prikazanim vizuelnim sadržajima, odnosno sa povećanjem džitera do 3 ms subjektivne ocene značajno opadaju (Sl. 2(b)). Daljim povećanjem džitera subjektivne ocene su približno konstantne i jednake jedinici (jako loš kvalitet).

Ukoliko je stepen paketskih gubitaka manji, procečna ocena ispitanika je veća (Sl. 2(c)). Sa povećanjem stepena paketskih gubitaka do 5 % zadovoljstvo posmatrača brzo opada, a nakon čega zadovoljstvo takođe opada, ali sporije.

Za mali propusni opseg sistema i ocene kvaliteta su niske (Sl. 2(d)). Sa povećanjem propusnog opsega sistema do 2 Mbps dolazi do linearnog povećanja MOS, nakon čega su subjektivne impresije skoro konstantne.

Na Sl. 2(b)-(d) date su i logističke interpolacione funkcije (sa četiri parametra) koje su u ranijim istraživanjima selektovane kao optimalne za preslikavanje parametara QoS u subjektivne (QoE) impresije [1, 6].



(a) original (MOS=4.66)



(b) kašnjenje (D=1 s, MOS=4.46)



(c) džiter (J=2 ms, MOS=1.12)

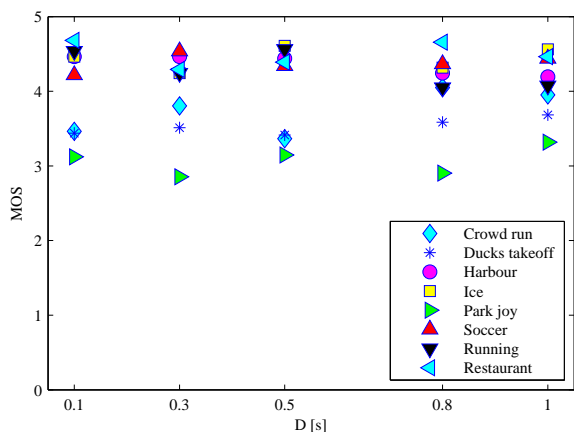


(d) paketski gubici (PLR=10 %, MOS=1.49)

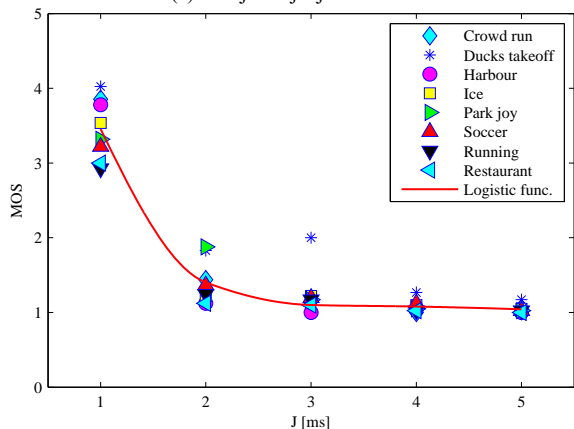


(e) propusni opseg (B=1 Mbps, MOS=1.57)

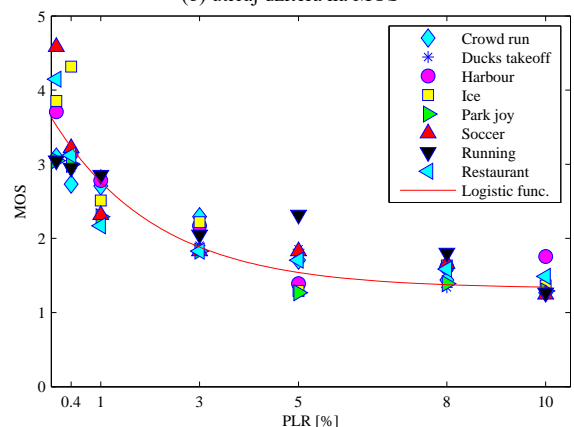
Sl. 1. Reprezentativni kadrovi izvorne sekvence "Restaurant" i test sekvenci.



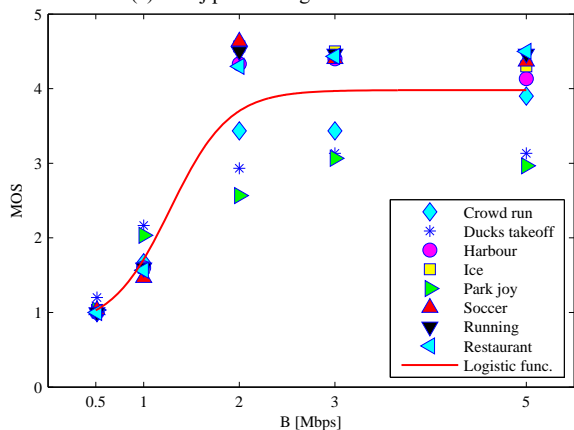
(a) uticaj kašnjenja na MOS



(b) uticaj džitera na MOS



(c) uticaj paketskih gubitaka na MOS



(d) uticaj propusnog opsega na MOS

Sl. 2. Uticaj različitih tipova degradacije na subjektivne impresije kvaliteta.

#### IV. ANALIZA PERFORMANSI OBJEKTIVNIH MERA PROCENE KVALITETA VIDEO SIGNALA

U radu su analizirane performanse tri objektivne mere procene kvaliteta sa potpunim referenciranjem na izvorni video sadržaj: vršnog odnosa signal šum (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR) [7], indeksa strukturne sličnosti (Structural Similarity Index, SSIM) [8] i gradijentne objektivne procene kvaliteta ( $VQ^{AB}$ ) [9].

PSNR je jedna od najčešće korišćenih objektivnih mera, ali je ona često kritikovana jer ne daje rezultate koji su u potpunosti u skladu sa subjektivnim procenama.

Kod SSIM objektivne mere degradacija slike se posmatra kao vizuelno primetni gubitak informacija o strukturi, za razliku od tradicionalnih pristupa kod kojih se posmatra razlika intenziteta (kao što je PSNR). Za PSNR i SSIM objektivne mere procene kvaliteta prvo se određuju na nivou kadrova, a nakon toga se krajnje vrednosti kvaliteta dobijaju njihovim usrednjavanjem (Frame PSNR i Frame SSIM vrednosti). Objektivna mera  $VQ^{AB}$  se takođe može svrstati u pristupe koji u proceni kvaliteta koriste očuvanje informacija o strukturi (kroz prostorne gradijente). Pored očuvanja informacija o strukturi uzima se u obzir očuvanje vremenskih informacija i informacija o boji [9].

Odnos između subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta dat je kroz dijagrame rasipanja, kao i kroz kvantitativne mere koje govore o stepenu slaganja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta – koeficijent linearne korelacije, (Linear Correlation Coefficient, LCC), i korelaciju rangova, (Spearman Rank-Order Correlation Coefficient, SROCC) [10].

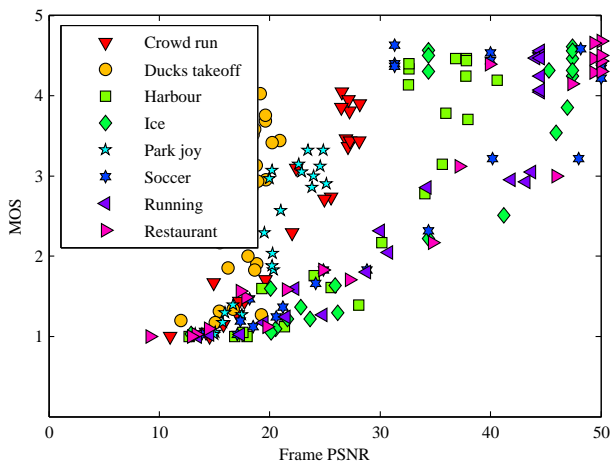
U Tab. II dati su stepeni slaganja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta test sekvenci koje potiču od iste izvorne sekvence (nezavisno od tipa degradacije). Uočava se da je najbolje slaganje subjektivnih i PSNR objektivnih skorova kvaliteta. Takođe, vidi se da je stepen slaganja najmanji za sekvence koje potiču od "Ducks takeoff" izvorne sekvence.

TABELA II  
STEPEN SLAGANJA SUBJEKTIVNIH I OBJEKTIVNIH SKOROVA KVALITETA

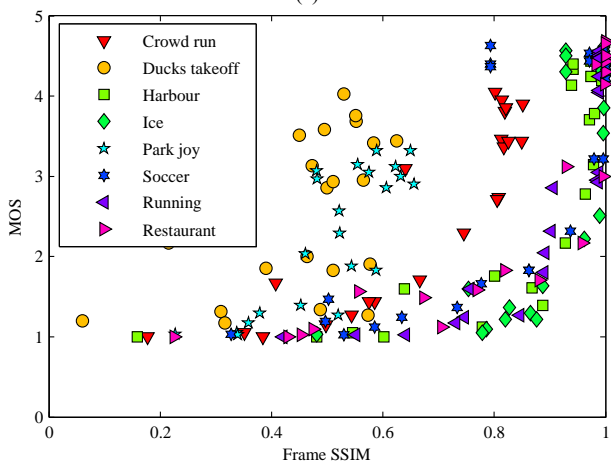
Izvorna sekvenca	LCC			SROCC		
	PSNR	SSIM	$VQ^{AB}$	PSNR	SSIM	$VQ^{AB}$
Crowd run	<b>0.949</b>	0.868	0.906	<b>0.899</b>	0.863	0.873
Ducks takeoff	<b>0.510</b>	0.367	0.398	<b>0.557</b>	0.373	0.367
Harbour	<b>0.900</b>	0.750	0.819	<b>0.853</b>	0.847	0.847
Ice	<b>0.872</b>	0.725	0.799	0.801	0.803	<b>0.804</b>
Park joy	<b>0.917</b>	0.798	0.830	<b>0.838</b>	0.757	0.759
Soccer	<b>0.832</b>	0.747	0.779	<b>0.783</b>	0.708	0.715
Running	<b>0.940</b>	0.815	0.899	<b>0.964</b>	0.940	0.958
Restaurant	<b>0.961</b>	0.835	0.912	<b>0.943</b>	0.941	0.941
Srednja vrednost	<b>0.860</b>	0.738	0.793	<b>0.830</b>	0.779	0.783

Na Sl. 3 i 4 dati su dijagrami rasipanja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta, pri čemu su na Sl. 3 istim simbolima označene test sekvence koje potiču od jedne izvorne sekvence (analiza prema izvornoj sekvenci), dok su na Sl. 4 istim simbolima označene test sekvence sa istim tipom degradacije (analiza prema tipu degradacije).

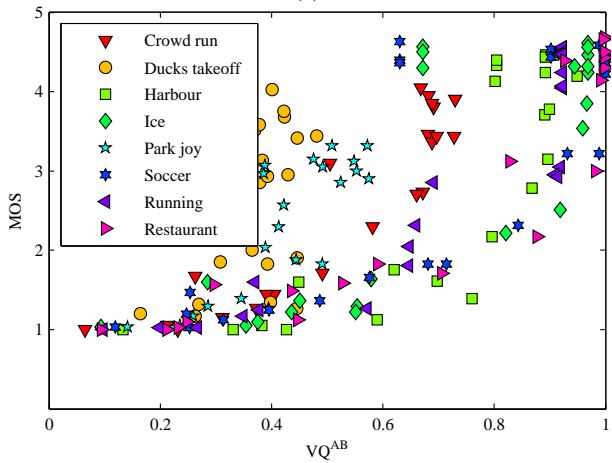




(a)



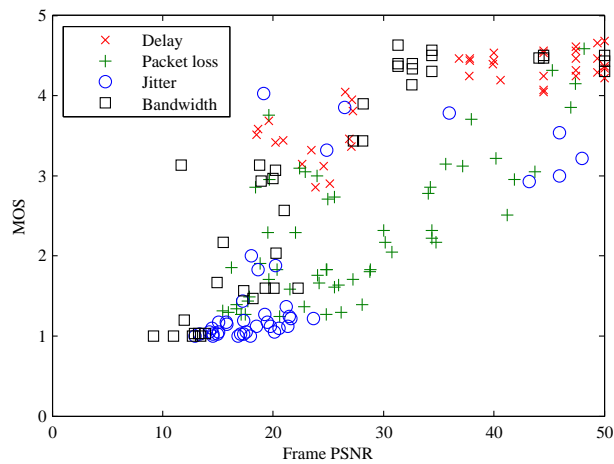
(b)



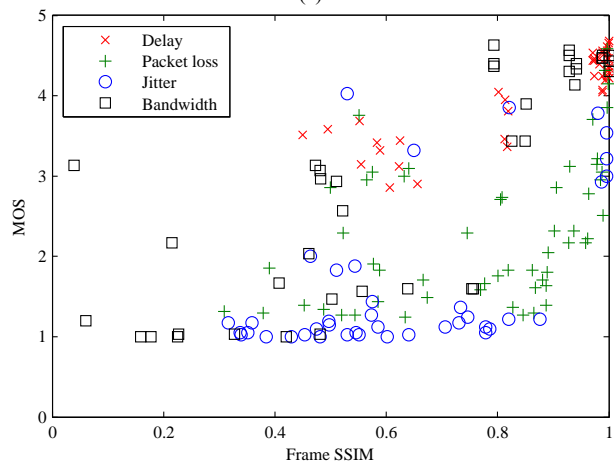
(c)

Sl. 3. Dijagrami rasipanja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta (analiza prema izvornoj sekvenci).

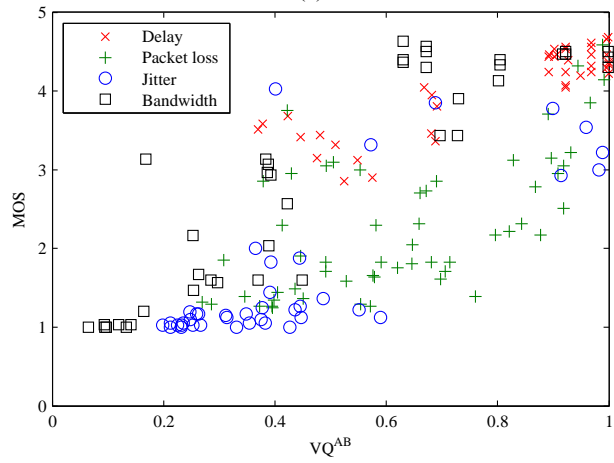
Sa Sl. 3 i 4 uočava se veliko rasipanje u prostoru subjektivno-objektivnih skorova kvaliteta. Ovo rasipanje je najmanje kod Frame PSNR objektivne mere procene. Sa Sl. 3 se uočava da se kod sve tri objektivne mere sa leve strane dijagrama rasipanja nalaze tačke koje odgovaraju test sekvencama nastalim od "Ducks takeoff" i "Park joy" izvornih sekvenci. Za test sekvence nastale od ove dve izvorne sekvence uočen je problem sa vremenskom registracijom izvornih i test sadržaja.



(a)



(b)



(c)

Sl. 4. Dijagrami rasipanja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta (analiza prema tipu degradacije).

Iako je kod svih test sekvenci korišćen isti algoritam vremenske registracije, kod ove dve sekvence se vizuelno uočavao problem nakon registracije (zbog čega su dobijene relativno male vrednosti objektivnih mera procene kvaliteta). Ovaj problem je najverovatnije posledica isporučenog video sadržaja. Iz Tab. II se sada može zaključiti da je na problem sa vremenskom registracijom manje osetljiva Frame PSNR mera od mera koje koriste strukturalna poređenja (videti i uporediti performanse mera za "Ducks takeoff" i "Park joy" sekvence).

Sa Sl. 4 uočava se značajno grupisanje u prostoru subjektivno-objektivnih skorova kvaliteta test sekvenci sa džiterom. Grupisanje je izraženije po MOS dimenziji, po kojoj su test sekvence dobile veoma loše ocene. Nasuprot ovim test sekvencama nalaze se test sekvence sa kašnjenjem kod kojih je grupisanje u gornjem delu subjektivno-objektivnog prostora, tj. u delu koji odgovara dobrom i odličnom kvalitetu vizuelnih sadržaja. Raspodela skorova kvaliteta test sekvenci sa paketskim gubicima i ograničenim propusnim opsegom je ravnomernija.

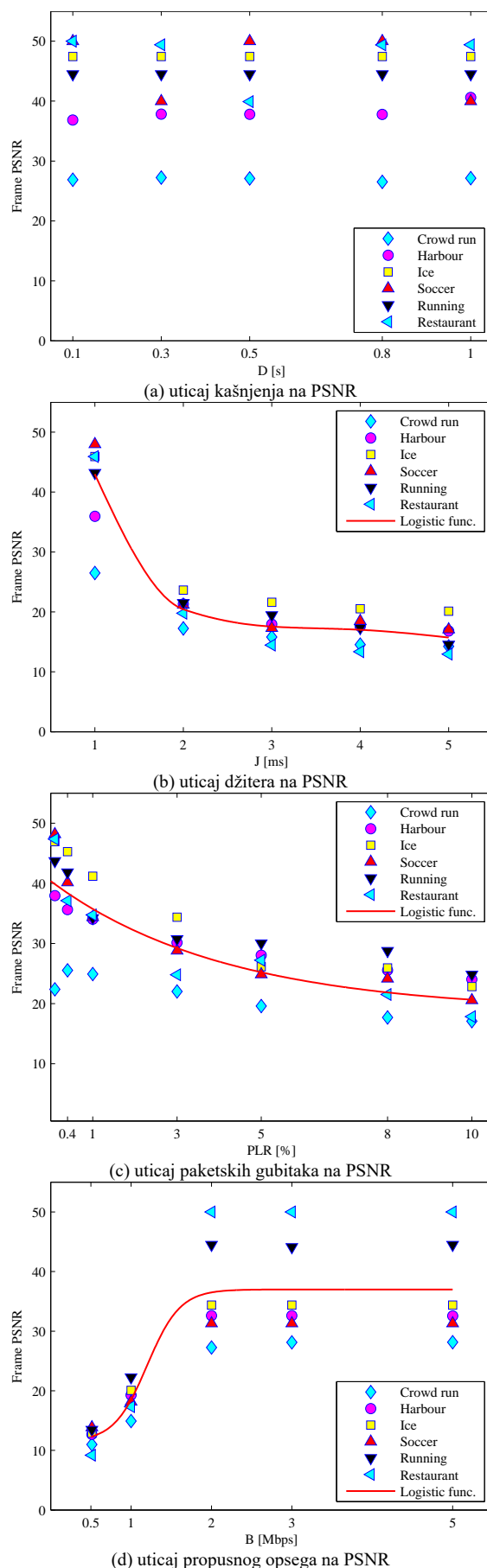
Zbog uočenog problema sa registracijom u daljoj analizi nisu korišćeni rezultati test sekvenci nastalih od "Ducks takeoff" i "Park joy" izvornih sekvenci.

Po uzoru na Sl. 2, analiziran je uticaj parametara različitih tipova degradacije na PSNR objektivne vrednosti kvaliteta, Sl. 5. Ova objektivna mera je odabrana jer je od analiziranih objektivnih mera postigla najbolje slaganje sa rezultatima subjektivnih testova.

Rezultati PSNR objektivne mere su u dobroj saglasnosti sa rezultatima prikazanim na Sl. 2. Sa Sl. 5(a) može se zaključiti da objektivni kvalitet ne zavisi od inicijalnog kašnjenja, ali zavisi od sadržaja video sekvenci. Sa Sl. 5(b)-(d) može se zaključiti da logističke krive u objektivnom prostoru imaju dobro slaganje sa logističkim krivama subjektivnog prostora (Sl. 2(b)-(d)). Povećanje džitera i stepena paketskih gubitaka se negativno odražava i na objektivne vrednosti kvaliteta. Sa povećanjem džitera do 3 ms objektivne vrednosti značajno opadaju, a nakon čega su približno konstantne (Sl. 5(b)). Sa povećanjem stepena paketskih gubitaka do 5% brzo opadaju i objektivne vrednosti kvaliteta, a nakon čega one takođe opadaju, ali sporije (Sl. 5(c)). Sa povećanjem propusnog opsega sistema do 2 Mbps dolazi do linearnog povećanja Frame PSNR vrednosti, nakon čega su one konstantne.

U Tab. III dat je stepen slaganja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta za tri podskupa ReTRiEVED baze – podskupovi test sekvenci sa paketskim gubicima, džiterom i ograničenjem propusnog opsega. Uočava se da SSIM objektivna mera procene kvaliteta ima lošije performanse od PSNR i  $VQ^{AB}$  mera.

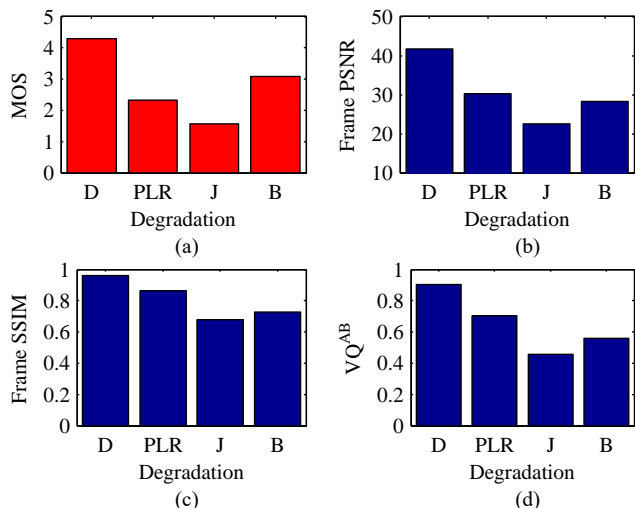
Na Sl. 6 prikazani su rangovi tipova degradacija u okviru ReTRiEVED baze, a na osnovu subjektivnih i objektivnih vrednosti kvaliteta (srednje vrednosti svih test sekvenci sa istim tipom degradacije). I po subjektivnim i po objektivnim skorovima kvaliteta na prvom mestu (najbolji kvalitet) nalaze se test sekvence dobijene kašnjenjem (što je bilo i očekivano). I po subjektivnim i po objektivnim procenama na poslednjem mestu (najlošiji kvalitet) nalaze se sekvence sa džiterom. Dodatno se može zapaziti da sve tri objektivne mere precenjuju kvalitet test sekvenci sa paketskim gubicima, koje svrstavaju na drugo mesto dok su one trećeplasirane po subjektivnim impresijama kvaliteta. Paketski gubici uslovljavaju kratkotrajne degradacije u video sekvencama, kako prostorno tako i vremenski, za razliku od ograničenog propusnog opsega koji uslovljava narušavanje kvaliteta u kompletnom kadru. Zbog toga je došlo do zamene rangova test sekvenci sa paketskim gubicima i ograničenim propusnim opsegom.



Sl. 5. Uticaj različitih tipova degradacije na objektivne vrednosti kvaliteta.

TABELA III  
STEPEN SLAGANJA SUBJEKTIVNIH I OBJEKTIVNIH SKOROVA KVALITETA

Tip degradacije	LCC			SROCC		
	PSNR	SSIM	VQ <sup>AB</sup>	PSNR	SSIM	VQ <sup>AB</sup>
PLR	<b>0.838</b>	0.602	0.780	0.779	0.727	<b>0.800</b>
Jitter	0.860	0.730	<b>0.886</b>	<b>0.787</b>	0.750	0.761
Bandwidth	0.892	0.895	<b>0.929</b>	<b>0.884</b>	0.815	0.777



Sl. 6. Rangiranje tipova degradacije na osnovu subjektivnih (a) i objektivnih vrednosti kvaliteta (b), (c) i (d).

Performanse objektivnih mera bez referenciranja na izvorne signale ReTRiEVED baze iz [11] su značajno lošije od performansi objektivnih mera korišćenih u ovom radu, pa se dobijeni rezultati mogu koristiti za razvoj novih mera procene kvaliteta video signala u realnim aplikacijama.

## V. ZAKLJUČAK

Analizom rezultata subjektivnih testova potvrđeno je da džiter, paketski gubici i ograničen propusni opseg kanala imaju značajan uticaj na subjektivne impresije kvaliteta, dok inicijalno kašnjenje ne utiče na subjektivni osećaj kvaliteta. Na osnovu logističkih interpolacionih funkcija subjektivnih rezultata može se zaključiti da džiter ima najdestruktivniji efekat. Širenje MOS skorova kvaliteta za istu vrednost parametra degradacije ukazuje na potrebu dalje analize uticaja video sadržaja na subjektivni opažaj kvaliteta. Za mali stepen degradacije video signala uticaj video sadržaja je veći, tj. širenje MOS skorova oko interpolacione funkcije je veće. Zbog toga je za razvoj mera estimacije QoE od presudnog značaja razmatranje sadržaja video signala.

Objektivne mere procene kvaliteta sa potpunim referenciranjem na izvorni signal su postigle relativno visok stepen slaganja sa rezultatima subjektivnih testova na podskupovima sekvenci koje potiču od iste izvorne sekvence i na podskupovima sekvenci sa istom degradacijom. Step en slaganja na globalnom planu je nešto lošiji jer objektivne mere precenjaju kvalitet sekvenci sa paketskim gubicima. Zbog toga se u razvoju objektivnih mera procene kvaliteta vizuelnih sadržaja posebna pažnja mora obratiti prostorno i vremenski kratkotrajnim degradacijama signala. Često kritikovani vršni odnos signal šum je postigao bolje rezultate

od složenijih mera koje koriste poređenje informacija o strukturi. Logističke interpolacione krive objektivnih PSNR skorova su u dobroj saglasnosti sa interpolacionim krivama subjektivnih skorova kvaliteta. Dalja istraživanja biće usmerena na objektivnu procenu kvaliteta sa delimičnim referenciranjem i bez referenciranja na izvorni signal.

## ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je deo projekta VA-TT/1-17-19 podržanog od strane Ministarstva odbrane Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] F. Battisti, M. Carli, P. Paudyal, "QoS to QoE mapping model for wired/wireless video communication," Euro Med Telco Conference (EMTC), Proc. of papers, pp. 1-6, 2014.
- [2] S. Winkler, "Video quality measurement standards – Current status and trends," 7<sup>th</sup> International Conference on Information, Communication and Signal Processing (ICICS), Proc. of papers, pp. 1-5, 2009.
- [3] P. Paudyal, F. Battisti, M. Carli, "A study on the effects of quality of service parameters on perceived video quality," 5<sup>th</sup> European Workshop on Visual Information Processing, Proc. of papers, pp. 1-6, 2014.
- [4] P. Paudyal, F. Battisti, M. Carli, "ReTRiEVED video quality database," [Online] Available: <http://www.comlab.uniroma3.it/retrieved.htm>
- [5] P. Paudyal, F. Battisti, M. Carli, "Impact of video content and transmission impairments on quality of experience," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 75, no. 23, pp. 16461-16485, 2016.
- [6] P. Reichl, S. Egger, R. Schatz, A. D' Alconzo, "The logarithmic nature of QoE and the role of the Weber-Fechner law in QoE assessment," IEEE International Conference on Communications (ICC), Proc. of papers, pp. 1-5, 2010.
- [7] B.P. Bondzulić, B.Z. Pavlović, V.S. Petrović, M.S. Andrić, "Performance of peak signal-to-noise ratio quality assessment in video streaming with packet losses," *Electronics Letters*, vol. 52, no. 6, pp.454-456, March 2016.
- [8] Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh, E.P. Simoncelli, "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 13, no. 4, pp. 600-612, 2004.
- [9] B. Bondžulić, "Procena kvaliteta slike i videa kroz očuvanje informacija o gradijentu," Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2016.
- [10] *Objective perceptual assessment of video quality: Full reference television*, ITU-T Telecommunication Standardization Bureau, 2004.
- [11] P. Paudyal, F. Battisti, M. Carli, "Evaluation of the effects of transmission impairments on perceived video quality by exploiting ReTRiEVED dataset," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 26, no. 2, Paper No. 023003, pp. 1-17, 2017.

## ABSTRACT

This paper deals with the delay, delay variation - jitter, packet loss rate and bandwidth as quality of service parameters, in the form of four types of video quality degradations. The impact of the defined levels of degradation to the subjective impressions (given as mean opinion scores) was analyzed. ReTRiEVED video dataset with publicly available subjective scores is used in analysis. Three full-reference measures are used for objective assessment of quality. The degree of consistency of subjective and objective quality scores is shown through scatter plots and quantitative measures (linear correlation coefficient and correlation of the ranks). Based on the logistic interpolation functions quality of service parameters are mapped to subjective experience. It is shown that jitter is much more destructive effect than other degradation types.

## The impact of quality of service parameters to the subjective and objective video quality assessment

Danilo Stanojević, Boban Bondžulić,  
Boban Pavlović and Vladimir Petrović