

# Analiza optimalnih kodeka video snimaka u TV produkciji i strimingu

Vladimir Cerić / Mirko Milošević / Ivana Milošević

SP Audio i video tehnologije  
Visoka škola elektrotehnike i računarstva  
Beograd, Srbija

ceric@viser.edu.rs / mirko.milosevic@viser.edu.rs /  
ivana.milosevic@viser.edu.rs

Ratko Ivković

Departman za Elektrotehničko i Računarsko inženjerstvo  
Univerzitet u Prištini, Fakultet Tehničkih Nauka  
Kosovska Mitrovica, Srbija  
ratko.ivkovic@pr.ac.rs

Vladimir Daković

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu  
Beograd, Srbija  
dakovicvlada@gmail.com

**Sažetak** — Opisan je radni proces produkcije i postprodukcije video snimaka u HDTV studiju Visoke škole elektrotehnike i računarstva strukovnih studija u Beogradu. Ispitivanjem optimalnih formata i/ili kodeka reprodukcije u televizijskoj (i video) produkciji i strimingu u odnosu na raspoložive hardverske i softverske resurse biće predstavljen način rada koji omogućava najmanje gubitke u kvalitetu slike u odnosu originalni materijal.

**Ključne reči** - video kodeci; softveri za nelinearnu montažu; hardversko kodovanje videa.

## I. UVOD

U okviru HDTV studija Visoke škole elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, studenti rade u sistemu koji je funkcionalno namenjen simulaciji profesionalnih produkcijskih procesa u televizijskoj i video produkciji. Zbog prevashodne namene studija, što je simulacija i obrazovanje, Škola još uvek nema samostalnu platformu za emitovanje (link ka kablovskom operateru, sopstveni striming server i sl.), već za emitovanje proizvedenog audio/vizuelnog (dalje u tekstu skr. a/v) sadržaja koristi javne striming platforme, najviše YouTube.

Zbog različitih formata koji se koriste u produkcionom lancu, primećen je gubitak kvaliteta slike, ali i različito vreme za koje potrebno da se određeni a/v sadržaj učini dostupnim na YouTube-u, ali i gubici u kvalitetu slike nakon postavljanja na ovaj servis.

Video formati se definišu na osnovu kodeka u čijem se centru nalazi biblioteka koja omogućava njihov zapis. Određeni video format može biti standardizovan na različite načine u zavisnosti od kompanije proizvođača TV/video opreme. U slučaju HDTV studija VIŠER-a, koriste se video kamere JVC, odnosno XDCAM EX format, kao i QuickTime format kroz Blackmagic Design Intensity Extreme karticu za snimanje (eng. *capture*) i reprodukciju a/v sadržaja.

Formati, odnosno kodeci standardizovani su kroz ITU-T i ISO/IEC standarde: verzije ITU-T kodeka pod nazivom H.261 [1] i H.263 [2], a verzije ISO/IEC kodeka pod nazivom MPEG-1 (Moving Picture Experts Group) [3] i MPEG-4 Visual [4]. Zajedničkom saradnjom nastali su kodeci H.262/MPEG-2 [5] i H.264/MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding) [6].

Paralelno s ovim standardizovanim kodecima Apple je u vreme ekspanzije HDV formata (i problema s kompatibilnošću softvera i hardvera) razvio Apple Intermediate Codec iz koga kasnije nastaje porodica Apple ProRes kodeka u okviru QuickTime formata. Sistem u HDTV studiju VIŠER-a, koristi Apple ProRes [7] kodek prilikom snimanja a/v sadržaja koji s miksera dolazi u računar (server). Ovaj kodek, namenjen produkciji i postprodukciji a/v sadržaja ispunjava kriterijume ITU-R BT.709-5 za HD video.

## II. IZABRANI VIDEO KODECI

Specifični korisnici i namena HDTV studija VIŠER-a (studenti/obrazovanje), nametnuli su u trenutku nabavka opreme racionalnija i manje zahtevna rešenja po pitanju kodeka za produkciju, ali i postprodukciju uz očuvanje visokog, profesionalnog, kvaliteta slike. Kompletno hardversko rešenje optimizovano je za upotrebu u nastavi, kroz softvere za nelinearnu montažu Adobe PremierePro i Apple FinalCut Pro na računarima zasnovanim na dvo-jezgarnim ili četvo-jezgarnim procesorima. Sistem je optimizovan da s lakoćom omogućava prikazivanje video snimaka uz pomoć kodeka, MPEG-2 i Apple ProRes.

### A. XDCAM EX (na JVC kameri GY-HM790)

XDCAM EX format podržava snimanje u rezoluciji do 1920 x 1080 HD s tzv. MPEG-2 Long GOP kodekom koga je razvio Sony, a kasnije prihvatio JVC, u skladu sa standardima kompresije MPEG-2 MP@HL [8]. Ovaj kodek JVC kamere omogućava bitrejt do 35 Mb/s za HD video (rezolucije 1920 x 1080 u 50i) u dva medijska kontejnera/formata (MP4 i

QuickTime/.MOV). Digitalizacija signala vrši se u standardu 4:2:0, gde je učestanost odabiranja hrominentnih signala naizmenična, na polovini vertikalne rezolucije lumenentnog signala.

MPEG-2 omogućava kompresiju frejmova na tri načina, deleći signal na ključne, I-frejmove (kodovanje unutar frejma), P-frejmove (kodovanje između I-frejma i prethodnog frejma) i B-frejmove (dvosmerno kodovanje između B-frejma i susednih P i I frejmova).

#### B. *Apple ProRes (na Blackmagic Design Intensity Extreme)*

Porodica Apple ProRes kodeka podržava različite standarde digitalizacije, u konkretnom slučaju standard 4:2:2, u kome snima Intesity Extreme kartica, odnosi se na digitalizaciju signala u  $Y_{C_B C_R}$  sistemu, pri čemu je učestanost odabiranja lumenentnog signala (Y) maksimalna, a učestanost odabiranja hrominentnih signala  $C_B$  i  $C_R$  upola manja. Namenjen je enkodiranju i dekodiranju na različitim digitalnim video rekorderima i Mac OS-u, a na Windows OS-u, moguća je njegova reprodukcija (dekodiranje).

Maksimalni bitrejt Apple ProRes 422 kodeka je oko 140 Mb/s za HD video (rezolucije 1920 x 1080 u 50i) u medijskom kontejneru QuickTime (.MOV). Zbog hardverskih ograničenja u trenutku nastanka Apple ProRes kodek sadrži samo I-frejmove što omogućava brži prikaz svake slike u softveru za nelinearnu montažu, prevashodno Apple FinalCut Pro.

#### C. *H.264/MPEG-4 AVC*

Za HD video (1920 x 1080) YouTube koristi H.264/MPEG-4 AVC Level 4 [6] uz kontekstno-adaptivno binarno aritmetičko kodovanje (skr. CABAC). CABAC kodovanje, iako bez gubitaka, u ovom slučaju se koristi u kompresiji s gubicima, kakva je MPEG-4 AVC. Pored YouTube servisa, kodek se koristi u različitim uslovima, od prenosa kablovskog ili satelitskog HD televizijskog signala, Blu-Ray diskova i sl. U izmenjenom obliku koristi se za snimanje u Sony i Panasonic kamkorderima (AVCHD, AVC-Intra, XAVC) i Canon i NIKON DSLR fotoaparata, u QuickTime formatu.

##### 1) *Automatska podešavanja renderinga za postavljanje na YouTube u Adobe Premiere Pro*

Za postavljanje videa na YouTube, Adobe Premiere Pro koristi H.264/MPEG-4 AVC Profile: High, Level 4.2 preuzimajući rezoluciju i broj frejmova originalnog videa, prilagođavajući analizu slike progresivnom skeniranju (1920 x 1080, 25p).

##### 2) *Automatska podešavanja renderiranja namenjenog za postavljanje na YouTube u Apple FinalCut Pro*

Za postavljanje videa na YouTube, Adobe Premiere Pro koristi H.264/MPEG-4 AVC Profile: High, Level 4 preuzimajući rezoluciju i broj frejmova od originalnog videa i progresivnu analizu slike koju preporučuje YouTube (1920 x 1080, 25p).

##### 3) *Karakteristike kodeka po preuzimanju sa YouTube servisa*

Preuzeti snimci sa YouTube servisa, pokazalo se, koriste H.264/MPEG-4 AVC Profile: High, Level 4, koji je prema standardu sličniji koderu u Apple FinalCut Pro. Ova dva koder se razlikuju u pogledu: konkretnog kodeka koji izvršava kodovanje u navedenom formatu; varijabilnog frejmrejšta videa; kao i bitrejšta svakog piksela, slike i ukupnog bitrejšta (što je posledica drugačijeg korišćenja I, P, B frejmova, odnosno veća uloga B frejmova u procesu kodovanja).

### III. METODOLOGIJA

Za potrebe ispitivanja optimalnih formata za postavljanje na striming servis YouTube, obavljeno je istraživanje u pet faza:

- snimanje video materijala;
- rendering video materijala;
- postavljanje na striming servis, nakon čega se materijal renderuje automatski u H.264/MPEG-4 AVC (YouTube);
- preuzimanje novonastalih snimaka;
- analiza rezultata.

U skladu s različitim radnim procesima prilikom produkcije a/v sadržaja; u HDTV studiju VIŠER-a napravljeni su sledeći referentni snimci: video s JVC GY-HM 790 kamkordera (trajanje 1 minut u XDCAM EX formatu), istovremeno signal je sniman preko HD-SDI izlaza kamkordera (4:2:2), odnosno miksera i Blackmagic Design Intesity Extreme kartice na računar (trajanje 1 minut u Apple ProRes formatu).

Ova dva snimka, zbog procesa nelinearne montaže koji se obavlja u softverima za Adobe PremierePro (ovi snimci su obeleženi slovima YT APP iza naziva fajla) i Apple FinalCut Pro (ovi snimci su obeleženi slovima YT FCP iza naziva fajla), renderovana su u predloženim, optimalnim, podešavanjima za YouTube prema specifikaciji proizvođača ovih softvera (u skladu sa rezolucijom i izvornim brojem frejmova/fildova).

Originalni snimci s kamere i miksera i novi renderovani snimci, postavljeni su na YouTube servis, a potom preuzeti s ovog servisa (ovi snimci s obeleženi slovom "D" ispred naziva fajla, nakon čega je uređeno poređenje u softveru MatLab.

Komparativnom analizom dobijenih rezultata analiza utvrdiće se optimalni kodeci za (post)produkciju i reprodukciju u HD video produkciji u skladu sa opremom koja je prethodno navedena. Primenjene su analize prema parametrima za ocene kvaliteta slike: PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio); SNR (Signal-to-Noise Ratio); SSIM (The Structural Similarity);

dok je merom potencijala slike predstavljena entropijom utvrđen je kvalitet svih snimaka u pogledu korišćenja I, P, B frejmova.

### IV. REZULTATI

Spisak analiziranih fajlova, prve, druge i treće generacije snimaka zajedno sa opisom kodeka, veličinom fajala i osnovnim podacima data je u Tabeli I.

TABELA I. OPIS VIDEO FAJLOVA KORIŠĆENIH U ANALIZI

Naziv a/v fajla	Analiza slike	Kodek	Veličina fajla	Prosečni bitrejt	Ukupni bitrejt	Frejmrejt	Bitova/ (piksel x frejm)
Video sa kamere <sup>a</sup>	s proredom	XDCAM EX / MPEG-2 Long GOP / MPEG-2 MP@HL	275,5MB	34,0 Mb/s	35,6 Mb/s	50,0 fild/s	0,656
D Video sa kamere	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC	31,5MB	3940 Kb/s	4069 Kb/s	25,0 frejm/s	0,076
Video sa kamere YT APP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC, High@L4.2	125,5MB	16,0 Mb/s	16,3 Mb/s	25,0 frejm/s	0,309
Video sa kamere YT FCP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC, High@L4	118,2MB	15,1 Mb/s	15,3 Mb/s	25,0 frejm/s	0,292
D Video sa kamere YT APP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC	32,1MB	4010 Kb/s	4139 Kb/s	25,0 frejm/s	0,077
D Video sa kamere YT FCP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC	31,7MB	3959 Kb/s	4088 Kb/s	25,0 frejm/s	0,076
Video sa miksera <sup>a</sup>	s proredom	Apple ProRes 422 HQ	1007MB	138 Mb/s	140 Mb/s	50,0 fild/s	2,655
D Video sa miksera	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC	30,8MB	3944 Kb/s	4072 Kb/s	25,0 frejm/s	0,076
Video sa miksera YT APP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC, High@L4.2	123,2MB	16,0 Mb/s	16,3 Mb/s	25,0 frejm/s	0,309
Video sa miksera YT FCP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC, High@L4	114,3MB	15,0 Mb/s	15,2 Mb/s	25,0 frejm/s	0,290
D Video sa miksera YT APP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC	31,1MB	4124 Kb/s	4124 Kb/s	25,0 frejm/s	0,077
D Video sa miksera YT FCP	progresivna	H.264/MPEG-4 AVC	30,8MB	4079 Kb/s	3951 Kb/s	25,0 frejm/s	0,076

a. Referentni video snimak sa kamere za analizu narednih 5 snimaka iz Tabele I.

b. Referentni video snimak sa miksera za analizu poslednjih 5 snimaka iz Tabele I.

Originalni video snimci imaju najveći prosečni bitrejt 34,0Mb/s i 138Mb/s repsektivno. Uporednim uvidom u drugu i treću generaciju snimaka (u nastavku teksta termini "druga generacija" i "treća generacija" koriste se zbog primene različitih kodeka u novim verzijama fajlova i jednostavnijeg praćenja analize, odnose se za snimke renderovane za YouTube i snimke preuzete s YouTube-a respektivno), može se videti da relativna ujednačenost prosečnog bitrejta koja se ne menja bitno u odnosu na originalni video snimak, a ni njegovu veličinu (dato u Tabeli I). Snimci koji su renderovani u Adobe PremierePro imaju nešto viši bitrejt u poređenju s onim načinjenim u Apple FinalCut Pro, što se odražava i na treću generaciju snimaka (snimci preuzeti s YouTube-a).

Podatak u poslednjoj koloni odnosi se na količinu kompresije koja je primenjena na konkretni snimak; dobija se tako što se količina podataka u videu podeli sa brojem piksela u sekundi, koji se dobija množenjem broja frejmova u sekundi s rezolucijom snimka. Uopšteno, vrednosti koje su veće od 0,1 ukazuju na mogućnost primene veće kompresije čime se subjektivno neće uticati na kvalitet snimka. Kompresija koju primenjuje YouTube oko 4 puta je veća nego ona koju primenjuju Adobe PremierePro i Apple Final CutPro kod snimaka koji su prilagođeni reprodukciji na ovom striming servisu.

#### A. SSIM analiza

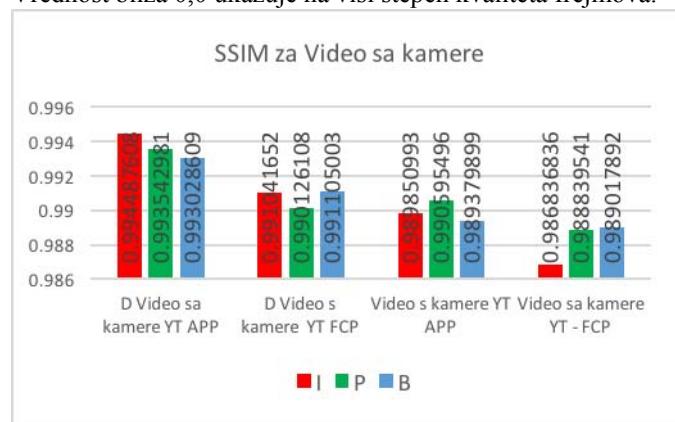
Indeks strukturalne sličnosti (SSIM) daje uvid u sličnost između I, P i B frejmova originalnih video fajlova sa njihovim ekvivalentima. Maksimalna vrednost strukturalne sličnosti je 1 (kada postoji identičnost između originalnog i ekvivalentnog fajla).

Uvidom u dobijene rezultate na Sl. 1, uočava se da je najveći kvalitet zadržao snimak druge generacije koji je renderovan u Adobe PremierePro, kao i odgovarajući snimak treće generacije koji je potom preuzet sa YouTube-a.

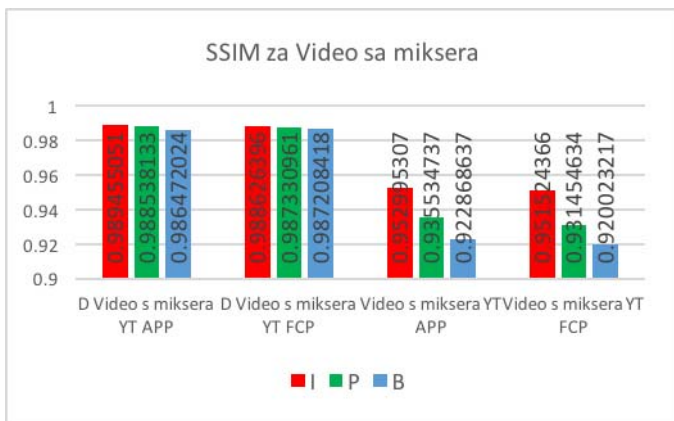
Uvidom u dobijene rezultate na Sl. 2, uočava se da su ponovo nešto veći kvalitet zadržali snimci druge i treće generacije koji su renderovani u Adobe PremierePro. Međutim, važno je napomenuti da su svi snimci zadržali relativno visoku strukturalnu sličnost originalu jer se dobijene vrednosti kreću između 0,92 i 0,99 u odnosu na referentnu (1,0).

#### B. SNR analiza

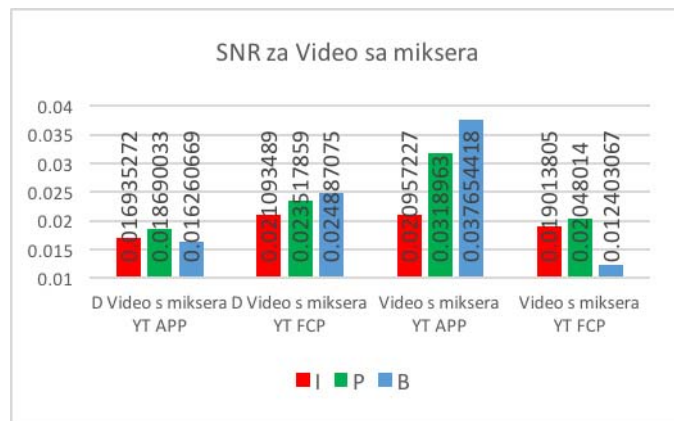
Direktan odnos signal-šum (SNR), pokazuje prisustvo šuma nakon obrade u poređenu sa originalnim I, P i B frejmovima. Vrednost bliža 0,0 ukazuje na viši stepen kvaliteta frejmova.



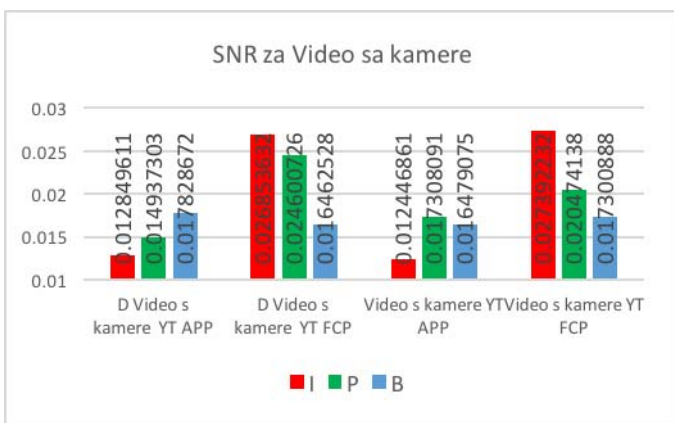
Slika 1 - SSIM analiza sličnosti snimka Video sa kamere



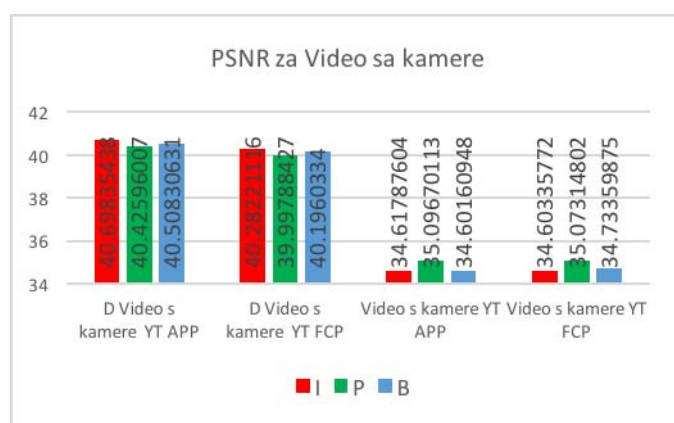
Slika 2 - SSIM analiza sličnosti snimka Video sa miksera



Slika 4 - SNR analiza odnosa snimka Video sa miksera



Slika 3 - SNR analiza odnosa snimka Video sa kamere



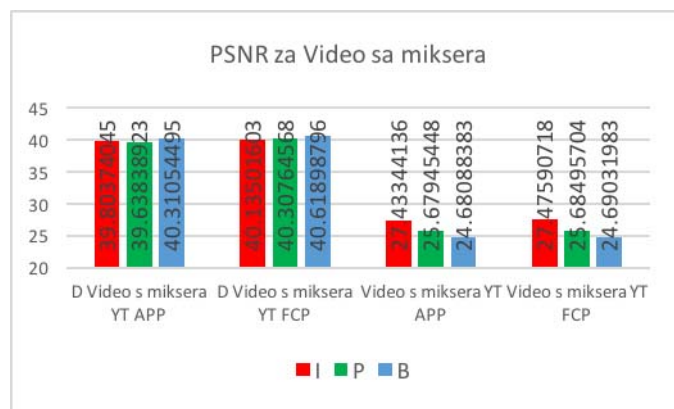
Slika 5 - SNR analiza odnosa snimka Video sa miksera

Uvidom u dobijene rezultate na Sl. 3 i Sl. 4, uočava se da je najveći kvalitet zadržao snimak druge generacije koji je renderovan u Adobe PremierePro, kao i snimak treće generacije koji je potom preuzet sa YouTube-a. Najveći šum pojavljuje se na I i B frejmovima, što je posledica kodovanja koje koristi YouTube; umanjujući količinu I frejmova (naročito u slučaju kodeka koji koristi Apple FinalCut Pro), kompenzuje se većim brojem (P i) B frejmova; dok u slučaju kodeka Adobe PremierePro manji šum na svim pozicijama, a naročito I-frejmovi potiče iz činjenice da druga generacija snimaka koristi manje I, a više P i B frejmova.

### C. PSNR analiza

Vršni odnos signal-šum (PSNR) koristi se u analizi prenosa. Optimalne vrednosti prenosa prema brojnim studijama nalaze se iznad 30dB. Dok za bežični prenos vrednost treba da bude iznad 17dB.

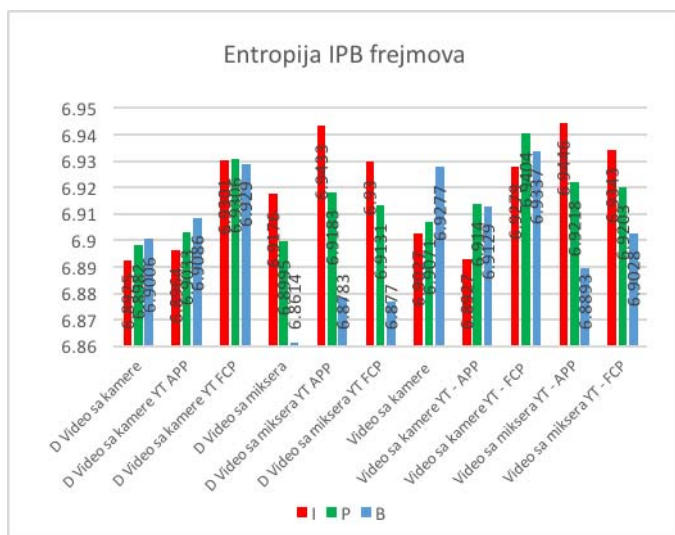
Uvidom u dobijene rezultate na Sl. 5 i Sl. 6, da obe generacije snimaka zadovoljavaju navedene kriterijume, gde je ponovo koder koji koristi Adobe PremierePro dao nešto bolje rezultate nego koder u Apple FinalCutPro.



Slika 6 - SNR analiza odnosa snimka Video sa miksera

### D. Mera potencijala slike

Mera potencijala slike predstavljena kroz entropiju Sl. 7 daje uvid u potencijal dalje obrade frejma bez značajnih gubitaka. Za 24-obitni način zapisa maksimalna vrednost entropije je 8bita, pa vrednost približna gornjoj granici ukazuje na veći kvalitet frejma. Ovaj parametar računa se nezavisno za svaki od navedenih snimaka, iz čega se direktno može porediti video formati.



Slika 7 - Entropija I, P, B frejmova za sve snimke

Uvidom u dobijene rezultate na Sl. 7, uočava se da najveću meru potencijala slike imaju snimci koji su renderovani u Adobe PremierePro.

## V. ZAKLJUČAK

Ovaj rad pruža uporednu analizu kodeka koji se koriste u HDTV studiju Visoke škole elektrotehnike i računarstva u Beogradu, u odnosu na one koje koristi YouTube striming platforma.

Video fajlovi renderovani u Adobe PremierePro u odnosu na Apple FinalCut Pro veći su za ~6-8%, oni za rezultat daju viši kvalitet, bolji odnos signal šum i veću vršnu vrednost signal-šum.

Poredeći drugu i treću generaciju snimaka prema analizama u MatLab-u, uočava se veća kompatibilnost raspodele I, P i B frejmova kodeka koji koriste Adobe PremierePro i YouTube servis. Na osnovu svih dobijenih podataka može se uočiti da najveći kvalitet snimci zadržavaju prilikom renderinga u softveru Adobe PremierePro, i to nezavisno od ulaznog formata (MPEG-2 MP@HL ili Apple ProRes kodeka), što ukazuje da kodek MPEG-2 MP@HL Profile: High, Level 4.2 bolje prilagođava snimake kodeku koje koji koristi You-Tube - H.264/MPEG-4 AVC Profile: High, Level 4. Level 4.2 zahteva veće performanse dekodera, u odnosu na Level 4, i to u pogledu broja maksimalnih semplova u sekundi za luminenciju i makroblokove.

Vreme renderinga nije uključeno u ovu analizu jer su odstupanja bila veoma mala u korist Apple FinalCut Pro, čija je posledica korišćenja nešto starijeg standarda kodovanja (odnosno bolja hardverska kompatibilnost s konkretnim računarom na kome je analiza rađena). Takođe, čini se da odstupanja u pogledu vremena renderinga na striming serveru nisu u vezi s verzijom kodeka, već je za ove vreme od najveće važnosti stepen opterećenja servera YouTube-a, jer su u slučaju svih snimaka koji su postavljani za striming ispoštovani uslovi koje propisuje YouTube u oba slučaja (renderingom softverima

za nelinearnu montažu: Adobe PremierePro i Apple FinalCut Pro).

Utvrđeno je da se kvalitet finalnih snimaka u produkcionom lancu može u većoj meri održati upotrebom Adobe PremierePro u finalnoj fazi postavljanja snimaka na YouTube striming servis.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad rađen je u okviru istraživanja na projektima III44006 Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Srbije.

## LITERATURA

- [1] ITU-T Rec. H.261, Video Codec for Audiovisual Services at px64 kbit/s, 1 ed., Nov. 1990, version 2, Mar. 1993.
- [2] ITU-T Rec. H.263, Video Coding for Low Bit Rate Communication, Nov. 1995.
- [3] ISO/IEC 11172-2 (MPEG-1), Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to About 1.5 Mbit/s—Part 2: Video, ISO/IEC JTC 1, 1993.
- [4] ISO/IEC 14496-2 (MPEG-4 Visual version 1), Coding of Audio-Visual Objects—Part 2: Visual, ISO/IEC JTC 1, Apr. 1999.
- [5] ITU-T Rec. H.262 and ISO/IEC 13818-2 (MPEG 2 Video), Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information - Part 2: Video, ITU-T and ISO/IEC JTC 1, Nov. 1994.
- [6] ITU-T and ISO/IEC JTC 1, H.264 and ISO/IEC 14496-10 (AVC), May 2003.
- [7] Apple ProRes, White Paper, Jun. 2014.
- [8] JVC Professional Video GY-HM790U Specification . Available: [http://pro.jvc.com/prof/attributes/specs.jsp?model\\_id=MDL101921&feature\\_id=03](http://pro.jvc.com/prof/attributes/specs.jsp?model_id=MDL101921&feature_id=03), [5. Jan. 2016].

## ABSTRACT

This paper shows the workflow for production and postproduction of videos in HDTV studio of The School of Electrical and Computer Engineering of Applied Studies in Belgrade. The analysis of optimal formats and/or codecs for reproduction in TV (and video) production and streaming services based on available hardware (JVC GY-HM790 camcorders, and BlackMagic Design Intensity Extreme video capturing devices) and software resources (Adobe PremierePro and Apple FinalCut Pro); shows higher results when Adobe PremierePro's video codecs are used. Insight in the better quality of videos rendered in Adobe PremierePro for YouTube streaming service is obtained through SSIM, SNR and PSNR analysis with the comparison of file size and average, overall video bitrates.

## ANALYSIS OF OPTIMAL CODECS OF VIDEOS IN TV PRODUCTION AND STREAMING

Vladimir Cerić, Ratko Ivković, Mirko Milošević, Ivana Milošević, Vladimir Daković