

REALIZACIJA HDR FOTOGRAFIJE HI FI DOD BUBBLE JET ISPISOM NA OPTIMALNOJ PODLOZI ZA ISPIS

REALIZATION OF HDR PHOTOGRAPHS WITH HI FI DOD BUBBLE JET PRINTING ON THE OPTIMAL SUBSTRATE FOR PRINTING

Miroslav Mikota, Mile Matijević, Ivana Pavlović

Prethodno priopćenje

Sažetak: U radu se analizira stvaranje fotografije širokog dinamičkog raspona (HDR fotografije) kroz sve faze digitalnog fotografskog sustava. Kao glavno ograničenje u stvaranju HDR fotografija ističe se faza realizacije, posebno ispisa digitalnog zapisa fotografije. DOD ink jet ispis predstavlja jednu od dominantnih tehnika ispisa digitalnog zapisa fotografije, pogotovo kod velikoformatnih galerijskih fotografija. U eksperimentalnom se dijelu rada ispituje utjecaj povećanja broja boja ispisa DOD bubble jet ispisom na podlogu s odgovarajućim receptorskim slojem na dinamički raspon ispisa. Ispitivanja su provedena na CMYK i Hi Fi ispisu na temelju definiranja maksimalnih gustoća obojenja, optičkih pokrivenosti, prijenosnih krivulja i dijagrama kromatičnosti. Rezultati upućuju na povećanje dinamičkog raspona ispisa povećanjem broja boja, ali i na činjenicu da je tako postignut dinamički raspon bitno manji od potencijalnog raspona snimane scene i ljudskog vida.

Ključne riječi: HDR, dinamički raspon, Hi Fi DOD bubble jet, receptorski sloj, doživljaj fotografije

Preliminary communication

Abstract: In this paper creation of the photographs with a wide dynamic range (HDR photographs) is analysed through all the stages of digital photographic system. As a major constraint in creating HDR photographs the realization phase stands out, particularly the phase of the digital print of photographs. DOD ink jet printing is one of the dominant techniques for printing digital photographs, especially for large-sized photographs for galleries. In the experimental part of the paper the impact of increased number of inks for DOD bubble jet printing on the surface with the appropriate receptor layer on the dynamic range of the print is examined. Tests in CMYK and Hi-Fi printing based on the defining of maximum densities, optical coverage, transmission curves and chromaticity diagrams were conducted. The results suggest an increase in dynamic range of the prints by increased number of printing inks, but also the fact that the dynamic range achieved in that way is significantly smaller than the potential dynamic range of photographed scene and human vision.

Key words: HDR, dynamic range, Hi-Fi DOD bubble jet, receptor layer, experience of photography

1. UVOD

Iako je pojam fotografije širokog dinamičkog raspona danas vezan uz digitalni fotografski sustav, želja da se fotografijom zabilježi što širi raspon tonova i boja kako bi se omogućio što vjerniji zapis snimane scene postoji od samih početaka fotografije u 19. stoljeću. U to se vrijeme proširivanje raspona tonova prije svega odnosilo na fazu snimanja, tj. ista se scena snimala s različitim ekspozicijama i dobivene se negative spajalo u „sendvič“ kroz koji se zatim osvjetljavao fotografski papir. Međutim, pravi početak fotografije proširenog dinamičkog raspona počinje tridesetih i četrdesetih godina 20. stoljeća kada Charles Wykoff razvija tehniku snimanja na višeslojni film, kod kojeg su pojedini slojevi filma različite osjetljivosti. Od tada se sve više kao ograničavajući faktor u prikazu takvih fotografija ističu materijali i tehnike realizacije fotografije pa se sredinom pedesetih godina 20. stoljeća sve više traže mogućnosti

prikaza fotografija širokog raspona tonova na mediju užeg raspona tonova. Tome je posebno doprinijela tehnika koju je uveo Ansel Adams - tehnika selektivnog oslabljivanja i pojačavanja, ali se radi i na proširenju dinamičkog raspona materijala realizacije. [1, 2]

Razvoj digitalnog fotografskog sustava osamdesetih i devedesetih godina 20. stoljeća doveo je i do stvaranja pojma fotografije širokog dinamičkog raspona. Godine 1985. Gregory Ward predstavlja Radiance RGBE format zapisa kao prvi format koji je mogao sadržavati HDR podatke, a 1995. Steve Mann i Rosalind Picard prikazuju global HDR metodu kao matematičku podlogu stvaranja HDR-a koja je temelj moderne digitalne HDR fotografije. Godine 1997. Paul Debovec uvodi stvaranje slike širokog dinamičkog raspona na temelju spajanja različito eksponiranih digitalnih zapisa slike iste scene te tonskog mapiranja kako bi se slika širokog dinamičkog raspona mogla prikazati na izlaznim jedinicama užeg dinamičkog raspona. Na ovom se temelju razvijaju

različiti programi za stvaranje HDR fotografija, a od 2005. godine mogućnost stapanja različito eksponiranih digitalnih zapisa iste scene omogućuje i Photoshop (od verzije CS2). [2]

HDR fotografija, bez obzira je li definirana kao fotografija koja obuhvaća ukupni raspon tonova scene ili fotografija koja ima bitno veći raspon tonova od „standardne“ fotografije, sve više dolazi u središte interesa, a kao glavni ograničavajući faktor, uz sintaktičko-semantičke probleme, se nameće mogućnost realizacije fotografije, primarno tehnika i materijala za ispis digitalnog zapisa fotografije [2]. Ovo je posebno naglašeno kod ispisa galerijskih fotografija gdje kao tehnike ispisa dominiraju Hi Fi DOD ink jet tehnike.

2. TEORETSKI DIO

2.1. Dinamički raspon

Pojam dinamičkog raspona prilično varira ovisno o području, odnosno o fazi fotografskog sustava u kojem se primjenjuje (tablica 1.). Kada se govori o dinamičkom rasponu scene govori se o omjeru maksimalne i minimalne luminacije izražene u cdm^{-2} te se smatra da scena na otvorenom (sunčani dan) ima dinamički raspon približno 1000000:1, dok je dinamički raspon ljudskog vida kod gledanja te scene oko 10000:1. [3, 4, 5]

Tablica 1. Usporedba okvirnih teoretskih vrijednosti dinamičkih raspona

	$L_{max} : L_{min}$	DR
scena na otvorenom	1000000:1	17 EV
ljudski vid pri aktivnom gledanju scene	10000:1	14 EV
fotografski aparat	2000:1	11 EV
monitor	750:1	9,5 EV
ispis fotografije	250:1	8 EV
tisak	75:1	6 EV

Dinamički raspon digitalnog fotografskog aparata je primarno definiran karakteristikama senzora i predstavlja omjer između najvećeg i najmanjeg signala. Pri tome je najveći signal ograničen maksimalnim naponom za određenu luminaciju, a najmanji signal razinom šuma koji se stvara kada senzor (piksel) nije osvijetljen, a koji senzor (piksel) može generirati. Dinamički raspon digitalnog fotografskog aparata (senzora) se izražava u vrijednostima otvora objektiva ili EV vrijednostima (niz broja 2). Prema tome, osam-bitni senzor može razlikovati 256 tonova po kanalu (2^8), deset-bitni 1024 (2^{10}), dvanaest-bitni 4096 (2^{12}), a četrnaest-bitni 16384 (2^{14}).

Teoretski se tako dobiva maksimalni dinamički raspon od 8, 10, 12 ili 14 otvora objektiva. Prije svega zbog šuma ta se vrijednost smanjuje te je ovisna, osim o konkretnom fotografskom aparatu, o odabranoj osjetljivosti kod snimanja (tablica 2.) i o formatu zapisa. Najčešće korišteni JPEG zapis dopušta osam-bitni zapis po kanalu, a RAW zapis po tom kriteriju odgovara dinamičkom rasponu senzora fotografskog aparata [6].

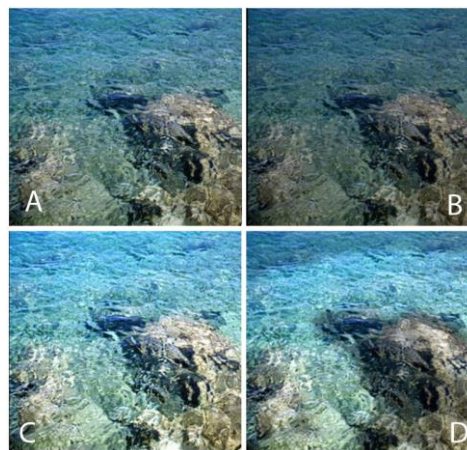
Tablica 2. Ovisnost dinamičkog raspona o osjetljivosti pri snimanju

ISO	DR
100/21	11,6 EV
200/24	11,5 EV
400/27	11,2 EV
800/30	10,7 EV
1600/33	9,7 EV
3200/36	8,7 EV

Kod monitora kao izlaznih jedinica fotografskih sustava dinamički raspon predstavlja odnos luminacije najsvjetlije i najtamnije točke koju monitor može reproducirati, dok se kod ispisa fotografije uobičajeno govori o maksimalnim gustoćama obojenja koje određuju dinamički raspon ispisa. Ako je najveća gustoća obojenja ispisa ili otiska 2, dinamički je raspon ispisa ili otiska $100 (10^2) : 1$. Treba naglasiti da ovako definirani dinamički rasponi izlaznih jedinica zapravo pokazuju kontrast i ne daju podatak o sposobnosti razlučivanja tonova i boja. [3, 4, 5]

2.2. HDR fotografija

Kako se vidi iz tablice 1., snimanjem fotografskim aparatom dobiva se slika određenog dinamičkog raspona koji je bitno sužen u odnosu na dinamički raspon snimane scene. Tako dobivena slika optimalno reproducira tonove u srednjem području uz gubitak detalja, tj. tonova u svijetlim i tamnim područjima. Međutim, ako se ista scena snimi preekspozirano i podekspozirano, bilježe se upravo detalji, tj. tonovi u tim područjima. Stapanjem ovih digitalnih zapisa dobiva se fotografija s razlučivanjem tonova u tamnim, srednjim i svijetlim tonovima (slika 1.). Alternativa je snimanje jedne RAW fotografije koja će se obraditi tako da se korigira ukupna ekspozicija, tj. da se iz jedne fotografije naknadno dobiju korektno eksponirana, podekspozirana i preekspozirana fotografije koje se zatim ponovno stapaju u jednu fotografiju [7]. Kod toga se koristi činjenica da je dinamički raspon RAW fotografije sam po sebi širi od standardnog JPEG zapisa fotografije, ali taj raspon i dalje može biti bitno uži od dinamičkog raspona scene pa se ovdje govori o pseudo HDR fotografiji.



Slika 1. Korektno eksponirana (A), podekspozirana (B) i preekspozirana (C) fotografija stopljene u HDR fotografiju (D)

Različito eksponirane fotografije scene softverski se stapaju odgovarajućim programom u 32-bitni zapis s plutajućom referentnom točkom koji sadrži sve informacije o svim fotografijama koje čine novu HDR fotografiju. Kako bi HDR fotografija mogla biti pohranjena u 16-bitnom TIFF ili 8-bitnom JPEG zapisu, treba provesti tzv. mapiranje tonova, što zapravo znači linearni zapis tonova HDR zapisa sabiti u tonski bitno uži zapis koji će na kraju biti reproducibilan kroz izlazne jedinice digitalnog fotografskog sustava. Iako je mapiranje tonova posljedica tehničkih ograničenja izlaznih jedinica sustava, ono u kreativnom smislu daje mogućnost postizanja različitih efekata iz jednog HDR zapisa, što rezultira u željenoj mjeri i nadrealnim karakterom tako dobivenih fotografija (slika 2.). [8]



Slika 2. Nadrealni prikaz HDR fotografijom nakon tonskog mapiranja

2.3. Hi Fi bubble jet ispis HDR fotografija

Digitalni zapis fotografije se danas ostvaruje ispisom različitim tehnikama i na različitim materijalima. Među tehnikama ispisa digitalnog zapisa fotografije danas se kao dominantne ističu tehnike osvjetljavanja klasičnog fotografskog papira u boji laserskim fotografskim printerom, tehnike ispisa sublimacijskim printerom i tehnike ispisa DOD (drop on demand) ink jet printerom. [9, 6]

Među ovim tehnikama u području ispisa galerijskih fotografija velikog formata dominiraju tehnike DOD ink jet ispisa i te su tehnike one koje u digitalnom fotografskom sustavu najčešće zamjenjuju rad s aparatom za povećavanje u klasičnim fotografskim sustavima. Na taj način upravo ove tehnike ispisa postaju izrazito važne kod realizacije fotografija širokog dinamičkog raspona.

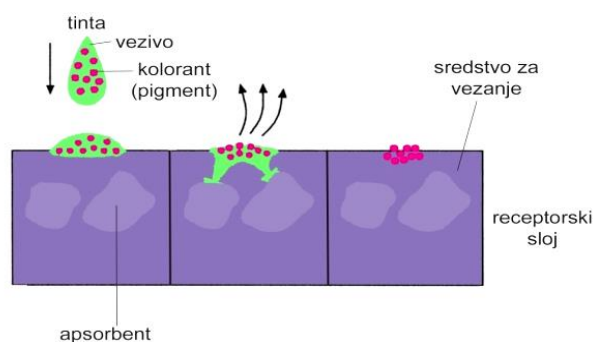
Glavni predstavnici ink jet tehnologije koje rade na principu DOD tehnike su piezo ink jet i bubble (termalni) ink jet. Ovi printeri fotografiju ispisuju rasterski, ali se uz visoku rezoluciju ispisa u kombinaciji s odgovarajućim algoritmom rastriranja ispis vizualno doživljava kao ispis s kontinuiranim prelazom tonova [10]. Posljedica rasterskog ispisa je i neophodnost da se uz ispis cijanom, magentom i žutom ispisuje i tonskom crnom. No, da bi se povećao raspon u reprodukciji tonova i boja, potencijalno zasićenje ispisanih boja, kvaliteta reprodukcije akromatskih boja i boja blizu akromatske točke, za ispis fotografija se u velikoj mjeri koriste Hi Fi

rješenja. Kod Hi Fi DOD ink jet ispisa se uz spomenute boje ispisuje i svijetli cijan i magenta, povećava se broj crnih (sivih), ispisuju se i primarne boje aditivne sinteze ili se kombiniraju ova rješenja.

Kod termalnog ink jeta, tj. bubble jeta, tekući se toner nalazi u spremniku iz kojeg se dovodi do komore u "glavi" printera. U komorama se nalaze električni elementi spojeni s računalom pomoću kojeg se formiraju pojedinačne kapljice bojila (drop on demand – DOD). Kapljice se formiraju selektivnim zagrijavanjem mikrogrijača što rezultira stvaranjem mjehurića pare koja se širi i pritiskom kroz sapnicu izbacuje tintu na podlogu za ispis. Nakon toga slijedi hlađenje grijača što rezultira nestajanjem mjehurića pare i stvaranjem podtlaka, čime se omogućuje dolazak nove količine tinte u komoru [11].

Bojilo, tj. tinta, za ink jet pisane može sadržavati jedan ili više pigmenta ili koloranata koji daju obojenje i čine 5-20% sastava bojila. Njihova veličina utječe na zasićenje boje ispisa, na transparentnost i svjetlostalnost. Također, ispis s manjom kapljicom, odnosno korištenje sapnice manjeg promjera daje ispis izrazito većeg gamuta, a bojilo temeljeno na disperziji pigmenta u vezivu daje ispis veće svjetlostalnosti.

Kao najčešća podloga za ispis digitalnih fotografija koriste se premazane, tzv. podloge s receptorskim slojem i to RC (resin coated) podloge [12]. Receptorski sloj se sastoji od aktivnog sloja, veziva, bjelila i aditiva. Aktivni sloj se sastoji od sredstva za vezivanje pigmenta ili koloranata i apsorventa vlage. Sredstvo za vezanje mora imati karakteristike prihvatanja pigmenta ili koloranata i ovisi o njihovim karakteristikama. Vezivo receptorskog sloja je kombinacija kopolimera koji drže aktivni sloj u disperziji, dok bjelila receptorskog sloja povećavaju kontrast ispisa povećanjem bjeline baze, a aditivi poboljšavaju neka svojstva ispisa (primarno njegovu svjetlostalnost) (slika 3.) [13].



Slika 3. Presjek receptorskog sloja i interakcija receptorskog sloja i tinte

3. EKSPERIMENTALNI DIO

Za eksperimentalni je dio rada u programu PhotoShop CS 6 formiran testni motiv koji se sastoji od polja crne, cijana, magente i žute u pomacima pokrivenosti površine od 10% (polja od 0 do 100%) te standardnih polja cijana, magente, žute, plave, zelene i crvene Gretag Macbeth tablice boja. Testni je motiv ispisano DOD bubble jet printerima rezolucije ispisa 3600 dpi koji koriste isti sastav tinte i istu podlogu za ispis

(oslojenu istim receptorskim slojem). Površinska masa podloge za ispis je bila 250 gm^{-2} uz luminaciju 95% i efekt visokog sjaja.

Jedan printer za ispis fotografija koristi cijan, magentu, žutu i crnu (CMYK), dok drugi koristi 12 tinti – cijan, magentu, žutu, svijetli cijan, svijetlu magentu, plavu, zelenu, crvenu i četiri crne (Hi Fi).

Na dobivenim su ispisima izmjerene postignute gustoće obojenja (D) spektrofotometrom X-Rite Color Digital, uz definiranje podloge za ispis kao bijele, te su izračunate pokrivenosti površina (OP) iz (1)

$$OP = ((1 - 10^{-D_{ip}}) : (1 - 10^{-D_p})) 100 \quad (1)$$

gdje je:

D_{ip} – gustoća obojenja za koje se određuje optička pokrivenost

D_p – polje punog tona te boje.

Na temelju izračunatih optičkih pokrivenosti određene su prijenosne krivulje.

Na temelju spektrometrijskog mjerenja standardnih polja Gretag Macbeth tablice boja izrađeni su i dijagrami kromatičnosti za oba ispisa.

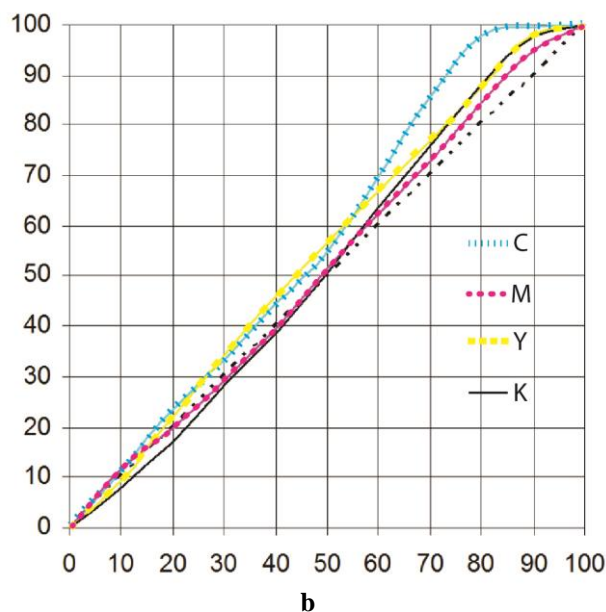
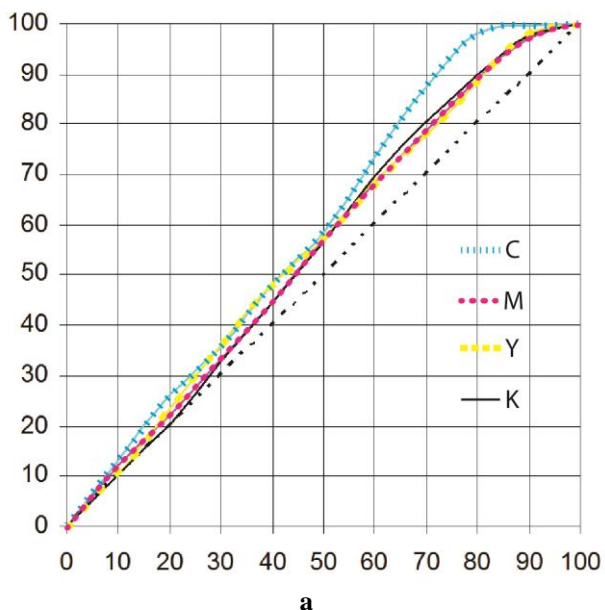
4. REZULTATI

U tablici 3. prikazane su najveće izmjerene gustoće obojenja.

Tablica 3. Maksimalne postignute gustoće obojenja

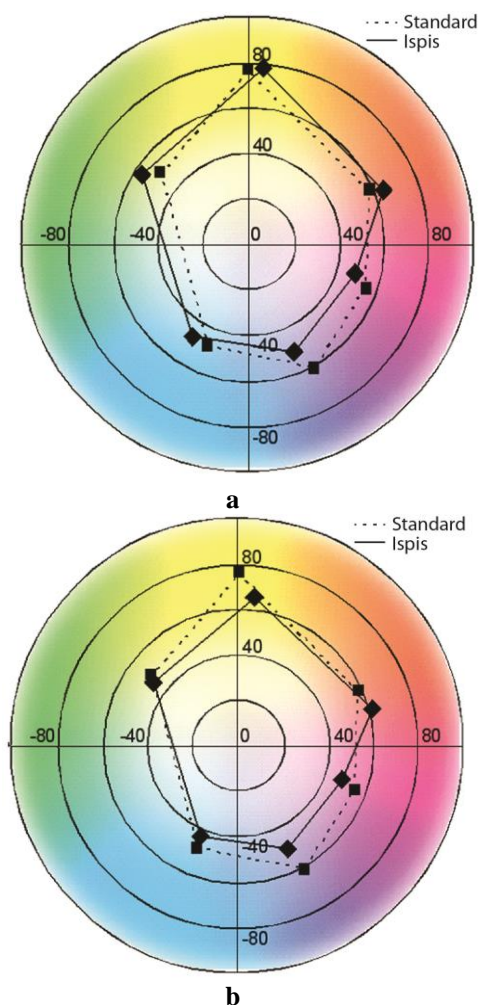
ispis	$D_{max}(C)$	$D_{max}(M)$	$D_{max}(Y)$	$D_{max}(K)$
CMYK	0,91	1,86	1,19	2,25
Hi Fi	0,95	1,97	1,42	2,96

Na slikama 3.a i 3.b prikazane su prijenosne krivulje za ispitivane ispise.



Slika 4. Prijenosne krivulje za Hi Fi DOD bubble jet (a) i CMYK DOD bubble jet (b) ispis

Slike 4.a i 4.b prikazuju CIE ab dijagrame kromatičnosti za ispitivane ispise.



Slika 5. CIE ab dijagram kromatičnosti za za Hi Fi DOD bubble jet (a) i CMYK DOD bubble jet ispis (b)

5. RASPRAVA I ZAKLJUČCI

Iako su idejna rješenja razvoja fotografije širokog dinamičkog raspona postavljene u klasičnim fotografskim sustavima, razvoj digitalnog fotografskog sustava je pitanje fotografije širokog dinamičkog raspona postavio u središte interesa.

Fotografija širokog dinamičkog raspona (HDR fotografija) pretpostavlja fotografiju čiji je dinamički raspon isti kao i dinamički raspon snimane scene. Pritom problem u interpretaciji dinamičkog raspona predstavlja činjenica da se on drukčije određuje i izražava kroz pojedine faze fotografskog sustava, ali i da je dinamički raspon scene potencijalno širi od dinamičkog raspona ljudskog vida kod aktivnog gledanja (tablica 1.), zbog čega se HDR fotografija doživljava nadrealno.

Snimanjem scene različitim ekspozicijama ili alternativnim rješenjima može se scena zabilježiti u punom dinamičkom rasponu (HDR) ili u dinamičkom rasponu koji je širi od dinamičkog raspona „standardne“ fotografije (pseudo HDR). Obradom, tj. stapanjem snimljenih fotografija i tonkim mapiranjem dobiva se fotografija reproducibilna određenom izlaznom jedinicom fotografskog sustava. Pri tome, u pogledu dinamičkog raspona, kao izlazne fotografske jedinice, najveća ograničenja imaju tehnike ispisa digitalnog zapisa fotografije (tablica 1.).

Kao dominantne tehnike ispisa visokozahvatnih galerijskih fotografija ističu se DOD ink jet tehnike ispisa. Kako je vidljivo iz tablice 3., povećanjem broja boja ispisa kod DOD bubble jet ispisa na podlogu s odgovarajućim receptorskim slojem povećava se i dinamički raspon ispisa, te je dinamički raspon izražen kao D_{max} (K) kod CMYK ispisa 2,25, a kod Hi Fi ispisa 2,96 što odgovara povećanju raspona s 177,83:1 na 912,01:1. Povećanje dinamičkog raspona Hi Fi ispisom je očito i kod svih primarnih boja suptraktivne sinteze (tablica 3.) te je najizraženije za žutu.

Ako se promatraju prijenosne krivulje prikazane na slici 4., uočljivo je gotovo podudarno ponašanje za CMYK i Hi Fi ispis što znači da tehnike ispitivani ispisi, svaki unutar svojih maksimalnih gustoća obojenja, tj. kontrasta, podjednako razlučuju tonove. Pri tome je iz prijenosnih krivulja vidljivo da do prestanka razlučivanja tonova kod oba promatrana ispisa, za crnu, magentu i žutu dolazi kod vrijednosti iznad 90% optičke pokrivenost, dok za cijan gubitak razlučivanje tonova počinje već kod 80% optičke pokrivenosti. Visoka podudarnost prijenosnih krivulja može se u promatranim slučajevima objasniti podudarnošću materijala za ispis. U oba slučaja krivulje ukazuju kako je realno postignut dinamički raspon manji od onog prikazanog kao D_{max} ili kontrast.

Iako dijagrami kromatičnosti (slika 5.) direktno ne pokazuju dinamički kontrast, iz njih se može zaključiti relativna podudarnost ispisa uz ukupno širi raspon boja prije svega u području cijan-zelena-žuta koje se mogu reproducirati Hi Fi ispisom, što podupire rezultate prikazane u tablici 3., tj. ukazuje na veći dinamički raspon Hi Fi od CMYK bubble jet ispisa.

Može se zaključiti da je s povećanjem broja boja ispisa povećan dinamički raspon ispisa fotografija.

Međutim, takav je ispis dinamičkim rasponom bitno uži od dinamičkog raspona scene. Iako snimanje i obrada

digitalnog zapisa fotografija danas omogućuju stvaranje fotografija širokog dinamičkog raspona, ispis kao izlazna jedinica predstavlja bitno ograničenje u ostvarenju takvih fotografija. Ovo rezultira potrebom pronalazanja novih tehnoloških rješenja ispisa te formulacijom novih materijala u slučaju Hi Fi bubble jet ispisa tinte i receptorskih slojeva, koja će omogućiti reprodukciju HDR fotografija. Uz daljnje proširenje dinamičkog zapisa izlaznih jedinica one ostaju glavni ograničavajući faktor u ostvarenju HDR fotografija. Uz to, činjenica da je dinamički raspon ljudskog vida uži od potencijalnog dinamičkog raspona scene upućuje na doživljajnu problematiku HDR fotografije koja, bez obzira na tehničko povećanje ikoničnosti, rezultira nadrealnim prikazom HDR fotografijom. Ovo daje i poticaj daljnjem razvoju softverskih rješenja tonkog mapiranja koje bi, pored ostalog, trebalo biti bolje definirano tehnikom i materijalima realizacije.

6. LITERATURA

- [1] Mikota, M., Pavlović, I. Analiza semantičkih svojstava fotografija objavljenih u tiskanim medijima i na internetu – usporedba stanja u Hrvatskoj i svijetu, Zbornik radova 2. Međunarodni simpozij 'Učinkovito djelovanje - put u vrijeme znanja', Kos, I. (ur.), Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin, 2008., 68-70, ISSN: 1846-7539
- [2] Mikota, M., HDR fotografija – novi izazovi u realizaciji i reprodukciji fotografske slike 15. međunarodna konferencija tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić – Zbornik radova, Mikota, M. (ur.), Hrvatsko društvo grafičara, Zagreb, 2011., 88-98, ISBN 978-953-56838-1-0
- [3] Auto Exposure Bracketing by Camera Model, Dostupno na <http://hdr-photography.com/aeb.html> (Dostupno: 02.03.2013.)
- [4] Clark, N. R., Film vesus Digital, Dostupno na: <http://claarkvision.com> (Dostupno: 7.11.2012.)
- [5] Clark, N. R., Producers for Evaluating Digital Camera Sensor Noise, Dinamic Range, and Full Well Capacities, Dostupno na <http://claarkvision.com> (Dostupno: 2.7.2011.)
- [6] M. Mikota, I. Pavlović, Z. Jecić, Digital Photography Techniques in Area of Applied and Art Photography, Graphic Arts: Tecnology, Design, Communication – Scientific Book 2006, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Ogranak Matice hrvatske Senj, Institut za celulozo in papir Ljubljana, Zagreb, 2006., 27-42
- [7] Siegel, D. (2004). Context in Critique (review of Emigre No.64, Rant), Available: http://www.typotheque.com/articles/context_in_critique_review_of_emigre_no64_rant (Dostupno: 20.07.2011.)
- [8] Eshes, H. & Lupton, E (1988). Rhetorical handbook: An illustrated manual for graphic designers. Design

- papers 5. Halifax, Nova Scotia: Nova Scotia College of Art and Design
- [9] E. Smouse, Optimal Design of Desktop Photo Printing Systems, PICS 1998: Image Processing, Image Quality, Image Capture, Systems Conference Portland, Oregon; May 1998.; p. 91-95; ISBN / ISSN: 0-89208-211-9
- [10] M. Mikota, B. Mitrović Kukoč, I. Pavlović, Comparison of Ink Jet Gallery Art Photography Prints, Graphic Arts: Tehnology, Design, Communication - Sceientific Book 2006, Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Ogranak Matice hrvatske Senj, Inštitut za celulozo in papir Ljubljana, Zagreb, 2006., 51-6
- [11] F. Bockman, Home Photographic Printing with InkJet Technology, IS&T; International Conference on Digital Printing Technologies, IS&T, Springfield, 1997., 670-674
- [12] N. Hopper, Digital Printing Phenomenon, New Printing Technologies Symposium Proceedings, TAPPI, Atlanta, 1996., 31
- [13] P. Walchili, A Novel Approach to Ink Jet Film (or Paper) Media Granting Highest Resolution, Fast Drying and High Durability, Recent Progress in Ink Jet Technologies, IS&T, Springfield, 1996., 254

Kontakt autora:**Miroslav Mikota, dr.sc., v. pred.**

Grafički fakultet

Getaldićeva 2, 10000 Zagreb

miroslav.mikota@grf.hr