

UVOD

Slika pove več kot tisoč besed, je znan rek. Se pa zastavlja vprašanje, koliko več oziroma kako velik je njihov sporočilni naboj, njihova informacijska zmogljivost. Vprašanje je tudi, ali je na primer sporočilni naboj tiskanih reprodukcij večji kot televizijskih?

In kako sploh lahko primerjamo tiskane slike z gibljivimi in ozvočenimi, ki jih gledamo na televiziji?

Končno, kako bi v tem oziru opredelili fotografijo – analogno in digitalno. Ali je sporočilni naboj prve še vedno večji od druge?

KAJ DOLOČA

SPOROČILNI NABOJ SLIK?

Sporočilni naboj oziroma informacijska zmogljivost slik je odvisna od:

- ✦ reproduksijske ločljivosti, tj. števila še ločljivih slikovnih elementov,
- ✦ tonskega obsega, tj. števila razpoznavnih tonov med najsvetlejšim in najtemnejšim območjem slike,
- ✦ števila osnovnih barv, ki reproducirajo barvne učinke slike.

Pri barvnih slikah moramo tonski obseg obravnavati posebej za vsako osnovno barvo (barvni izvleček). Največkrat je tonski obseg v vseh barvnih izvlečkih enak, kot na primer v barvni fotografiji, ki temelji na treh procesnih barvah: cian, magenti in rumeni.

Pri barvnem tisku imamo opravka s štirimi procesnimi barvami: osnovnim je dodana še črna. Ni nujno, da črna pripomore k povečanju informacijske zmogljivosti natisnjenih reprodukcij. To je primer, ko gre zgolj za ske-

DEKODIFIKACIJA

SPOROČILNEGA

NABOJA SLIK

Vrsta reprodukcije	Ločljivost	Sporočilni naboj (MB)
amplitudni raster 60 L/cm, A4	rastrskih pik 2.268.000	5,3
amplitudni raster 40 L/cm, A4	rastrskih pik 1.008.000	1,9
amplitudni raster 34 L/cm, A4	rastrskih pik 728.280	1,4
frekvenčni raster 20 m, A4	rastrskih točk 157.500.000	56,3
frekvenčni raster 40 m, A4	rastrskih točk 39.375.000	14,1
heksakromija 20 m, A4	rastrskih točk 157.500.000	93,9
kapljični tisk 20 m, A4	rastrskih točk 157.500.000	93,9
kapljični tisk 10 m, A4	rastrskih točk 630.000.000	375,5
analogna fotografija		
- diapozitiv ISO 100/21, A4	slikovnih točk 630.000.000	1577,1
- diapozitiv ISO 100/21, leica	slikovnih točk 8.640.000	21,6
digitalna fotografija		
- Canon EOS-1Ds Mark II	slikovnih točk 15.237.366	43,6
- Nikon D2X	slikovnih točk 10.451.919	29,9
- Sony DSC-W5	slikovnih točk 3.835.818	11,0
monitor 1600 x 1200 pikslov		
- tonski obseg 256	zaslonskih točk 1.920.000	5,5
- tonski obseg 1024	zaslonskih točk 1.920.000	6,9
televizija SDTV		
- mirujoča slika	zaslonskih točk 213.333	0,2
- gibljiva slika (25 Hz)	zaslonskih točk 389.376	3,9
televizija HDTV		
- mirujoča slika	zaslonskih točk 213.333	0,5
- gibljiva slika (25 Hz)	zaslonskih točk 389.376	12,5
človeško oko, A4	slikovnih točk 2.119.320	6,1

letne barvne izvlečke črne barve ali pri bikromiji, ko črna nado-mešča pisane barve. Če pa črna poveča kontrastni obseg in s tem pripomore k večjemu številu prepoznanih tonov v reprodukciji, učinkuje tudi na sporočilni naboj. Seveda je mnogo preprosteje, če tudi tiskane reprodukcije obravnavamo, kot da jih tvorijo samo tri procesne barve. Tega seveda ne smemo pri heksakromiji, ki temelji na šestih procesnih barvah: štirim sta dodani še zelena in oranžna.

Podobni dvomi se pojavijo še pri obravnavanju slikarskih stvaritev, bodisi oljnih bodisi akvarel- nskih slik. Tam je nanese- na množica različnih barvnih pigmentov, a ne vsak na vsako mesto slike. Lahko rečemo, da na vsakem mestu zadoščajo samo trije različni barvni pigmenti, ki upodobijo kateri koli zelen barvni učinek. Sporočilni naboj slikar- j smemo potem takem ugotavljati tako, kot da bi bile sestavljene zgolj iz treh osnovnih barv. Ne nazadnje so primarni barvni dražljaji, ki jih moduliramo in ki v očesu povzročajo nastanek barvnih učinkov, vedno le trije: moder, zelen in rdeč.

In kako je s televizijo in/ali barvnimi zasloni? Tam reprodukcijo tako ali tako upodablja-

trije barvni izvlečki, moramo pa razlikovati med sporočilnim nabojem akromatičnega signala in sporočilnim nabojem dveh kromatičnih signalov, ki upodablja- jo modre, zelene in rdeče zaslon- ske točke.

LOČLJIVOST

Tako kot barva ima tudi pojem ločljivost (angl. splošno resolu- tion, bolj precizno resolving power, resolution capability) različne pomena. Medtem ko je barvni pojmovnik razmeroma urejen, vlada v zvezi z ločljivostjo popolna zmeda.

V fotografiji pomeni sposob- nost objektiv, filma ali snemal- nega vezja pri prepoznavanju in upodabljanju podrobnosti, po- podobno je s človeškim očesom.

Ločljivost je merilo za jasnost, ostrino in podrobnosti, ki jih vi- dimo, ki jih lahko posname ana- logna ali digitalna fotografija. Manjše detajle sestav prepozna- va, višja je njegova ločljivost. Ka- kovost točkovnega upodabljanja in reproduciranja slik je v tesni soodvisnosti z ločilnimi sposob- nostmi tehnike in tehnologije. Ni vseeno, koliko slikovnih ele- mentov (pikslov) zmora posneti digitalna kamera, še manj, koliko (elementarnih) rastrskih točk se-

stavlja rastrsko piko, niti ne, ko- liko zaslon- skih točk ima moni- tor. Izrazov snemalna in slikovna ločljivost ne smemo zamenjevati. Pri upodabljanju slik z različnimi rastrskimi strukturami naletimo na pojem upodobitvena ločljivi- vost.

V zvezi z ločljivostjo je v svetu digitalne reprodukcije kopica za- dreg; po eni strani zato, ker v lite- raturi ni dovolj natančno in kon- sistentno definirana, po drugi, ker smo površni in vse mečemo v isti koš. Da bi se zmedli izognili, bomo razlikovali: optično, geo- metrično, snemalno, slikovno, upodobitveno, naslovno, repro- dukcijsko, tiskovno in zaslon- sko ločljivost.

1. Optična ločljivost

Optično ločljivost poznamo pri človeškem očesu, objektivih, fo- tomaterialih, snemalnih vezjih, fotografskih in televizijskih kame- rah, skenerjih, na splošno pri vseh napravah za snemanje moti- va. Optična ločljivost je sposob- nost naprave, da prenaša po- drobnosti z motiva na sliko, in se izraža s številom še vidnih linijskih parov na centimeter oziro- ma milimeter.

Optična ločljivost očesa

Optično ločljivost očesa (resolving power, spatial resolution) določa razdalja med barvnimi receptorji na mrežnici. S tem je povezan kot vidnega polja (viewing angle), pri katerem oko še ločuje dve vzporedni liniji motiva; glej sliko 1.

Normalna opazovalna razdalja (opazovanje knjig, revij, fotogra- fij ...) je okoli 40 cm in ločljivost pri tem je približno 29 linijskih parov na cm (debelina linij je 0,175 mm, finejših pa oko pri tej razdalji ne ločuje več).

❖ Večja je opazovalna razdalja, manjša sta kot vidnega polja in ločljivost očesa.

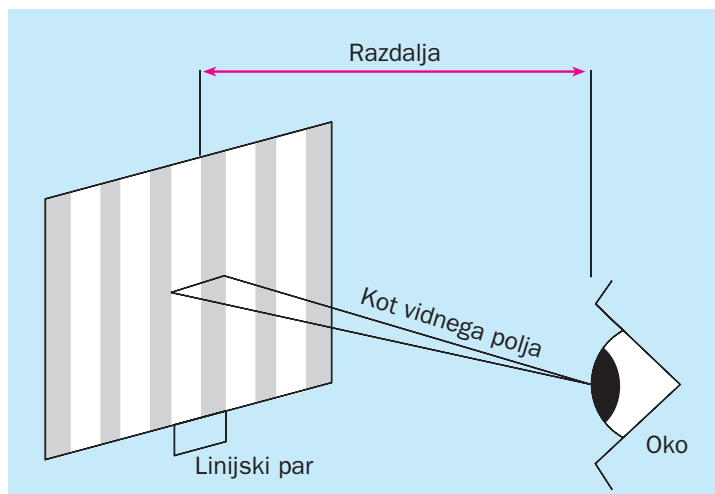
❖ Večji je barvni kontrast med linijskimi pari, večja je ločljivost. Ločljivost enobarvnih linijskih struktur (temne linije cian, ma- gente, rumene, rdeče, zelene, modre ... barve) je nižja, najnižja pa je ločljivost dvobarvnih struktur v območju rdeče-zeleno, mo- dro-rumeno.

Optična ločljivost očesa je zelo pogojena z opazovalnimi razme- rami (osvetljenostjo) in barvnim kontrastom med svetlimi in temnimi linijami. Literatura nava- ja, da oko lahko pri dobri osvet- ljenosti registrira celo do 40 linijskih parov na cm in mnogo po- drobnosti brez povečave: od 1 do 5 mikrometrov (0,001 do 0,005 mm), npr. sledi na optični plošči CD ali zelo majhne smeti.

Optična ločljivost analogne fotografije

Optična ločljivost objektiv je odvisna od njegovih napak, predvsem od (kromatične) aber- racije, ki povzročajo neostrino (ne- ostre krožce). Kakovostni analo- gni objektiv ločijo največ 400–500 linijskih parov na cm, to je 960–1200 po višini formata leica (24 mm).

Pri fotomaterialih je ločljivost omejena z velikostjo fotografske- ga zrna in lomnim količnikom fotografske emulzije. Večje ko je zrno, manj linijskih parov se upodobi na cm. Nizkoobčutljivi črno-beli fotomateriali (ISO 25) posnamejo okoli tisoč linijskih parov na cm, srednjeobčutljivi (ISO 100) okoli 500, visokoob- čutljivi (ISO 400) pa samo okoli 250. Ekstremno ločljivi tehnični fotomateriali imajo optično lo- čljivost od 2500 do 5000 linijskih parov na cm, barvni negativi



Slika 1. Definicija optične ločljivosti (človeškega očesa); meri se z linijskimi pari na dolžinsko enoto – LP/cm.

in diapozitivi okoli 500, kar se ujema z optično ločljivostjo objektivov. V primerjavi s človeškim vidom so vse to izjemno velike optične ločljivosti.

Optična ločljivost digitalne fotografije

Optična ločljivost digitalne fotografije je neodvisna z geometrično ločljivostjo snemalnega vezja in optično ločljivostjo objektivov. Ena največjih zmot je (bilo) prepričanje, da za digitalno fotografijo niso potrebni vrhunski objektiv oziroma da so uporabni kar analogni.

Objektiv za digitalno kamero ne sme povzročati večje neostrižnosti, kot je razdalja (pitch) med središči dveh fotoelementov na snemalnem vezju. Ta razdalja je glede na velikost vezja od 2 do 8 mikrometrov, kar pomeni, da analogni objektiv z neostrižnostjo 20 mikrometrov ne morejo biti primerni za digitalno fotografijo, še zlasti ne za visokoločljiva snemalna vezja, ki imajo 8 in več megapikslov (MPx). Optična ločljivost teh objektivov mora biti najmanj 600 LP/cm. Ravna se tudi po velikosti snemalnega vezja: manjše ko je in več ko je na njem fotoelementov, manjši so in večja mora biti optična ločljivost objektivov.

Da bi dobili optimalne rezultate, mora biti optična ločljivost objektivov enaka ali višja kot optična ločljivost snemalnega vezja. Ta je višja, več ko ima fotoelementov in večji ko je njegov format. Sodobne digitalne kamere imajo 16 milijonov (4992 x 3328) in več fotoelementov na snemalnem vezju formata leica (36 x 24 mm); pomeni, da bi lahko ločevale 690 linijskih parov na cm, a je njihova optična ločljivost okoli 10 odstotkov manjša. Manjše ko je snemalno vezje, ve-

čja je razlika med njegovo geometrično in optično ločljivostjo.

2 Geometrična ločljivost (snemalnega vezja)

Pove, koliko fotoelementov ima snemalno vezje. Izraža se s številom pikslov (kar je napačno!) na dolžinko enoto (ppc, ppi), v digitalni fotografiji najpogosteje kar s številom vseh fotoelementov na vezju, kot zmnožek njihovega števila na širino in višino naslovne mreže:

$$2592 \times 1944 = 5.038.848 \text{ (5 MPx)}$$

$$3504 \times 2336 = 8.185.344 \text{ (8 MPx)}$$

$$4288 \times 2848 = 12.212.224 \text{ (12 MPx)}$$

Enačenje fotoelementov s piksli (in nasprotno) je samo pogojno dopustno; piksel lahko nastane s procesiranjem signalov, ki jih posname več fotoelementov. Pri črno-beli reprodukciji to določa predvsem snemalna ločljivost, pri trikromatski digitalni fotografiji pa je bolj pravilo kot izjema.

3 Snemalna ločljivost (digitalne kamere, skenerja ...)

Snemalna ločljivost (angl. scanning rate, sampling rate) je ločljivost, s katero naprava (digitalna kamera, skener) snema motiv ali predlogo. Največja snemalna ločljivost je enaka geometrični, navadno pa uporabljamo manjšo. Izraža se s številom slikovnih elementov, pikslov torej, ki naj jih naprava posname na dolžinsko enoto (ppc/ppi), ali s številom slikovnih elementov na širino in višino naslovne mreže. Samo ko je snemalna ločljivost enaka geo-

MODERNPAK

mednarodni sejem embalaže in tehnologije pakiranja, 7.–10. junij 2005



Sejem *Modernpak* je bienalen; na njem se srečujejo proizvajalci, potrošniki in uporabniki embalaže, pa tudi opreme in materialov za pakiranje. Prvič se odvija v samostojnem terminu, skupaj z mednarodnim sejmom grafične in papirne industrije *Intergrafika*, kar daje prireditvi novo poslovno kakovost in profesionalno segmentacijo.

Embalaža je izjemno pomemben dejavnik pri trženju proizvodov, zlasti v prehranski in kozmetični industriji. Dobro je znano, da »embalaža prodaja proizvod«, pravzaprav je njegova sestavina. Brez kakovostne embalaže si ni moč zamisliti konkurenčne prodaje proizvoda na trgu.

Modernpak je shajališče proizvajalcev in uporabnikov embalaže, kjer strokovnjaki in poslovneži izmenjujejo znanja in izkušnje zadnjih let na področju proizvodnje in uporabe embalaže, distribucije blaga, predstavitve proizvodov na prodajnih mestih, tehnično-tehnoloških rešitev pri uporabi embalaže in rešitev pri načrtovanju ekološke embalaže.

Modernpak bo obiskovalcem oziroma potrošnikom predstavil celovito stanje svetovnih usmeritev pri proizvodnji embalaže in pakiranju proizvodov za trg. Razstavni program sejma obsega: materiale za izdelavo embalaže, stroje za izdelavo embalaže, vse vrste embalaže, stroje za pakiranje, sredstva za distribucijo proizvodov, trgovino, svetovanje, inženiring, strokovno literaturo in publikacije.

metrični, slikovni elementi digitalne slike (piksli) ustrezajo fotoelementom, a tudi to ne vedno.

4 Slikovna ločljivost (ločljivost digitalne slike)

Slikovna ločljivost je število slikovnih elementov – pikslov na dolžinsko enoto digitalne slike (ppc/ppi), še pogosteje na stranico naslovne mreže (npr. 3027 × 2304 Px). Slikovna ločljivost mora biti bistveno višja od upodobitvene ločljivosti. Vendar dvakrat večja slikovna ločljivost štirikrat podaljša procesne čase in poveča spominski prostor. Kompromis med minimalno slikovno ločljivostjo in želeno upodobitveno ločljivostjo zagotavlja upodobitveni faktor:

✦ pri amplitudnem rastriranju je slikovna ločljivost (ppi) enaka $2 \times$ upodobitvena ločljivost (lpi) \times faktor povečave,

✦ pri frekvenčnem rastriranju in digitalnem osvetljevanju fotografij (fotografski tisk) zadostuje slikovna ločljivost 120 ppc (300 ppi) \times faktor povečave,

✦ pri zaslonkih upodobitvah je slikovna ločljivost enaka upodobitveni ločljivosti \times faktor povečave.

Upodobitveni faktor določa, koliko slikovnih elementov (pikslov) se pretvori v eno rastrsko piko oz. rastrski ton. Faktor dva pri amplitudnem rastriranju tvori eno rastrsko piko iz štirih pikslov. Primeren je predvsem pri linijaturah od 40 do 70 L/cm, pri nižjih zadostuje faktor 1,5. Da bi z amplitudnim rastrom natisnili reprodukcijo formata A4, potrebujemo digitalno sliko, ki ima 9 MPx, za tisto v formatu A3 pa kar 18 MPx.

Upodobitveni faktor pri frekvenčnem rastriranju je ena, ker je slikovna ločljivost teoretično lahko enaka izbrani naslovni ločljivosti, ne da bi prišlo do slabega upodabljanja podrobnosti ali posterizirane reprodukcije. Slika ločljivosti 120 ppc (300 ppi), ki jo reproducira amplitudni raster 60 L/cm, ima nižjo reprodukciskvo ločljivost kot ista slika ločljivosti 90 ppc (230 ppi), ki jo reproducira frekvenčni raster. To pomeni, da smemo za frekvenčno rastriranje uporabljati približno 25 odstotkov nižjo slikovno ločljivost kot za amplitudno.

Pri zaslonkih upodobitvah vsakemu pikslu digitalne slike ustreza ena zaslonka točka. Ker vsaka lahko upodobi toliko tonov, kolikor jih na tistem mestu definira piksel, mu tu pomensko ustreza; 8-bitni piksel simulira 256 tonov in prav toliko jih teoretično upodobi zaslonka točka, če zasveti z eno izmed 256 jakosti.

5 Upodobitvena ločljivost

Pove, koliko rastrskih pik (elementarnih) rastrskih točk, slikovnih elementov (pikslov), posledično pa linijskih parov, kakšna izhodna naprava *teoretično* upodobi na dolžinsko enoto. Pri amplitudno moduliranih reprodukcijah jo izražamo z linijaturo oz. gostoto rastrskih pik (L/cm, lpc/lpi), pri frekvenčno moduliranih z velikostjo (elementarnih) rastrskih točk v mikrometrih ob definirani naslovni ločljivosti, to je gostoti rastrskih točk (dpc/dpi), pri zaslonkih pa z gostoto zaslonkih točk oz. pikslov (ppc/ppi).

Nekaj posebnega je upodobitvena ločljivost televizijske slike. Ta je pasivna ali aktivna. Pasivna zaslonka ločljivost standardne televizijske SDTV je 625 vrstic \times

833 kolon, skupaj približno 520.000 pikslov. Zaradi tehničnih omejitev (preciznost) se na zaslonu razpoznavno upodobi samo približno 64 od stotih vrstic, kar pove tako imenovan Kellov upodobitveni faktor 0,64. Upodobitvena ločljivost je potem takem okoli 400 vrstic in pri zaslonkem razmerju stranic 4 : 3 533 kolon, to je 213.200 pikslov.

✦ Ločljivost 625 vrstic po 833 točk je snemalna ali *pasivna zaslonka ločljivost* televizijske. Zaradi časovnih zakasnitev pri preskakanju elektronskega žarka z ene vrstice na drugo, s konca na začetek zaslona, se na njem lahko upodobi manj vrstic in manj točk: 575 vrstic po 767 točk, skupaj 441.000 zaslonkih točk. To je *aktivna zaslonka ločljivost*.

✦ SDTV pomeni Standard Definition Television in je oznaka za konvencionalno analogno televizijsko tehnologijo s 625 pasivnimi vrsticami in slikovno frekvenco 25 Hz (evropski standard). Ameriški standard ima 525 pasivnih vrstic in frekvenco 30 Hz. Analogne televizijske postaje naj bi v Združenih državah Amerike prenehale delovati do leta 2009.

✦ HDTV pomeni High Definition Television, poslovenjeno visokoločljiva televizija. Visokoločljiva televizija je bodisi analogna bodisi digitalna! Pa je v bistvu niso razvili zato, da bi povečali ločljivost, marveč da bi povečali vidno polje oz. sporočilni naboj upodobitve. Od leta 1995 se visokoločljiva televizija razvija samo še v svoji digitalni izvedbi.

Upodobitvena ločljivost slike pri digitalni televizijski HDTV je lahko različna; aktivne ločljivosti

so razdelili v pet standardnih razredov oz. formatov:

- 480i** – ločljivost 704 × 480 pikslov, frekvenca 30 Hz,
- 480p** – ločljivost 704 × 480 pikslov, frekvenca 60 Hz,
- 720p** – ločljivost 1280 × 720 pikslov, frekvenca 60 Hz,
- 1080i** – ločljivost 1920 × 1080 pikslov, frekvenca 30 Hz,
- 1080p** – ločljivost 1920 × 1080 pikslov, frekvenca 60 Hz.

Oznaka **i** pomeni *interlaced*, tj. upodabljanje vsake druge vrste pri enem prehodu elektronskega žarka (po analognih standardih bi bile te frekvence še enkrat večje, torej 60 Hz), oznaka **p** pa pomeni, da elektronski žarek pri enem prehodu odčita oz. upodobi vse zaslonke točke. Formata 480i in 480p približno ustrežata analogni televizijski, zato nosita oznako SD (Standard Definition). Drugi trije formati so bolj napredni in nosijo oznako HD (High Definition). Aktivna ločljivost najslabšega (in na prodajnih policah za zdaj najbolj pogostega) je 921.600 pikslov, najboljšega pa 2.073.600 pikslov.

Kellov upodobitveni faktor 0,65 velja tudi pri visokoločljivi televizijski: od 1280 × 720 aktivnih vrstic se jih upodobi samo 832 × 468 = 389.376 pikslov, od 1920 × 1080 pa zgolj 1287 × 702 = 903.474 pikslov.

✦ Digitalnih televizijskih signalov HDTV ne moremo upodabljati na analognih televizijskih sprejemnikih, pa tudi vsa druga studijska in prenosna oprema ni primerna. Sistem digitalne televizijske HDTV je treba

popolnoma na novo razviti, kar je glavni razlog, da se ne uveljavlja hitreje.

✦ Optimalna razdalja za opazovanje klasične analogne televizije je enaka šestkratni višini televizijskega zaslona, visokoločljivo HDTV pa lahko opazujemo že pri 2,5-kratni razdalji. To je razdalja, pri kateri so detajli še dobro opazni, ne da bi opazovali posamezne zaslonske točke.

Ob televizijskih zaslonih ne smemo prezreti računalniških monitorjev. Kakovost upodobitev določa največja naslovna oz. zaslonska ločljivost (addressable resolution) v slikovnih elementih – piksljih; glede na format monitorja upodabljajo od 800 × 600 do 2048 × 1536 pikslov, kakovostni najpogosteje 1600 × 1200, vsekakor pa je odločilna ločljivost v številu pikslov na dolžinsko enoto. Na zaslonu monitorja se ne upodabljajo niti rastrske pike niti točke, marveč piksli neposredno. Število pikslov, ki jih lahko naprava prikaže, je odvisno od razdalje med zaslonskimi točkami (pitch), pa tudi od zmogljivosti računalnika (spomin). Ker ni izgub, je upodobitvena ločljivost monitorjev enaka reprodukcijski in zaslonski ločljivosti; glej tam.

6 Naslovna ločljivost

Naslovna ločljivost (resolution, addressable resolution, addressability) pove, koliko logičnih elementov lahko računalnik naslovi na mreži kakšne (izhodne) naprave, zato se pogosto imenuje izhodna ločljivost (output resolution). Določa jo število vrstic v smeri y in kolon v smeri x. Meri se s številom naslovnih točk na dolžinsko enoto dpc (dots per cm) ali dpi (dots per inch). Na-

slovna ločljivost tudi pove, koliko podatkov potrebuje naprava za delovanje in koliko točk bo v idealnem primeru upodobila na izhodu.

V idealnem primeru zato, ker na primer tiskalnik pri ločljivosti 1200 dpi 2,54-centimetrsko črto resda sestavi iz prav toliko (elementarnih) rastrskih točk. Da bi bila črta neprekinjena, se morajo rastrske točke med seboj prekrivati in ne more natisniti enako dolge točkaste črte s 600 črnimi točkami in 600 presledki, 600 razpoznavnih točkovnih oz. linijskih parov torej.

Vemo, da lahko z rastrskim kvadratom, tj. z eno rastrsko piko, upodobimo največ toliko tonov, kolikor ima elementarnih rastrskih točk.

Oko v lestvici med nepotiskanimi in polno potiskanimi površinami ne loči dosti več kot sto tonov, zato rastrski kvadrat, v katerem je sto rastrskih točk, zadostuje. S tem dosežemo tonski obseg sto različnih tonov v stopnjah po odstotek. Pri 60-linijskem rastru temu ustreza naslovna ločljivost 600 dpc (1524 dpi).

Če je naslovna ločljivost izhodne naprave omejena, denimo 240 dpc, lahko s 60-linijskim rastrom upodobimo samo štiri tone, sto tonov pa s 24-linijskim rastrom. Vsekakor bodo rastrske pike lepše oblikovane in bolj precizno upodobljene, če zagotovimo višjo naslovno ločljivost, običajno tako, ki zagotavlja tonski obseg 256 tonov: 960 dpc oziroma 2438 dpi.

Medtem ko potrebujemo za 60-linijski raster naslovno ločljivost najmanj 600 dpc (1524 dpi, da bi upodobili sto tonov, 2438 dpi, da bi jih vsaj teoretično upodobili 256), za frekvenčnega z 20-mikrometrskimi točkami zadostuje 500 dpc (1270 dpi)! Slika 2.



MICHAEL HUBER
GmbH München

TISKARSKE BARVE VRHUNSKE NEMŠKE KVALITETE

Huber, Hostmann & Steinberg,
Gleitsmann,
Stehlin & Hostag,
Npi, Info Lab

SVETOVANJE IN SERVIS

SEDEŽ V LJUBLJANI

- **SKALNE** barve (Unicum®, Rapida®, Reflecta®, Resista®)
- **PANTONE**® osnovne nianse
- **HKS**® osnovne nianse
- **ROTO** heat in cold set barve
- **SPECIALNE** barve (Tyvek, Syntape, Folien)
- **ECO** barve
- **LAKI** (disperzijski, ofsetni, UV)
- pomožna sredstva
- **FLEKSO** barve na vodni in organski osnovi

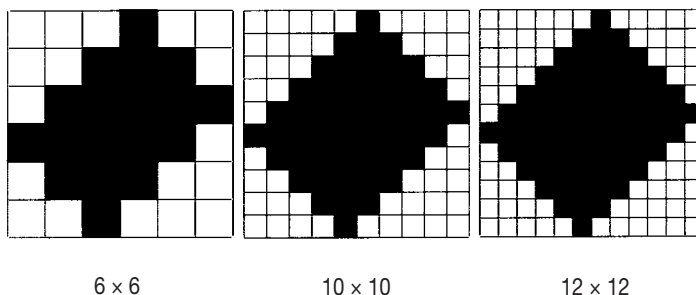
TORAY polimerni klišaji za vodno razvijanje (torelief, toreflex) in Dantex razvijalni stroji.

MEŠALNICA OFSETNIH TISKARSKIH BARV

- mešanje iz barvnih koncentratov
- maksimalna pigmentacija barv
- odlična kakovost
- barve tipa sveže, folije, plakatne, brez vonja (tudi dc), uv
- kratki roki izdelave

Zastopa in prodaja
PERLA d.o.o., Motnica 2, IOC Trzin
1236 Trzin, tel. 01 563 74 26, faks 01 563 74 27
elektronska pošta: perla@siol.net

RASTRSKI KVADRAT



Slika 2. Na sliki vidimo, da potrebujemo za upodobljanje sprejemljive oblike rastrske pike matriko najmanj 10 × 10 rastrskih točk. To pomeni, da mora biti naslovna ločljivost vsaj destkrat višja od zelene linijature rastra.

7 Reprodukcijska ločljivost ...

Reprodukcijska ločljivost pove, koliko *razpoznavnih* linijskih parov kakšna naprava lahko upodobi na izbrano dolžinsko enoto ali površino. Bodisi tiskarska tehnika, tiskalnik, televizor, monitor ... Reprodukcijska ločljivost je vedno manjša kot upodobitvena, praviloma pa mnogo večja kot optična ločljivost očesa. To je pravzaprav pogoj, da rastrske reprodukcije sploh ustvarijo iluzijo tonov.

Reprodukcijska ločljivost 60-linijskega rastra je potem takem 30 linijskih parov na cm, 40-linijskega 20, frekvenčnega rastra s 40-mikrometrsko rastrsko točko 125, z 20-mikrometrsko pa kar 250 linijskih parov na cm.

Ker je upodobitvena ločljivost televizijske slike SDTV okoli 400 vrstic, je njena reprodukcijska ločljivost zgolj 200 linijskih parov na višino zaslona – velikega ali majhnega! Zato mora biti opazovalna razdalja najmanj štirikratnik višine televizijskega zaslona. Vse navedeno velja za »neprepletene« (not interlaced), televizijske slike. Če so slike »prepletene« (interlaced), velja navedena reprodukcijska ločljivost za mirujoče slike, pri gibljivih pa se zmanjša na vsega 150 razpoznavnih linijskih parov (Kellov faktor je tu samo še 0,50).

8 Tiskovna ločljivost

Tiskovna ločljivost je posebna oblika reprodukcijske ločljivosti. Določa, koliko točkovnih oz. linijskih parov tiskarska tehnika v danih razmerah upodobi na dolžinsko enoto. Tiskovna ločljivost je praviloma dosti manjša kot naslovna, le v idealnem primeru (teoretično) je lahko enaka. To je zato, ker geometrijska podoba natisnjene rastrske točke večino-

ma ne ustreza geometriji naslovne točke na mreži. Ta je praviloma kvadrat ali pravokotnik, rastrske točke pa so okrogle, eliptične, celo nepravilnih oblik in se med seboj prekrivajo.

9 Zaslonska ločljivost

Zaslonska ločljivost pove, koliko zaslonskih točk lahko upodobi televizor ali monitor. Izraža se bodisi s številom zaslonskih točk na vsej površini zaslona (to je običajno pri televiziji) bodisi s številom zaslonskih točk na dolžinsko enoto kar je v navadi pri monitorjih. Zaslonska ločljivost monitorja ustreza naslovni (izhodni) ločljivosti naprave.

Pri televiziji je ločljivost ne glede na velikost zaslona vseskozi enaka in se ne spreminja. Pogojena je s tehnologijo vsega televizijskega sistema, zato jo je izjemno težko spreminjati – izboljšati.

Na zaslonu monitorja sliko upodablajo točke v vrstah in stolpcih, torej v obliki naslovne mreže, matrike, ki jo programiran elektronski žarek lahko odčituje. Več ko je zaslonskih točk v mreži, bolj precizne so upodobitve. Seveda s prostim očesom točk ne moremo videti, zato se toni upodablajo z optičnim mešanjem ... Zaslonska ločljivost pove, koliko točk monitor lahko upodobi na dolžinsko enoto. Izraža se z dpc/dpi. Standardna zaslonska ločljivost je 72 dpi, boljše naprave dosežejo 100 dpi. Če je slikovna ločljivost večja kot zaslonska, denimo 216 ppi, računalnik iz treh slikovnih pikslov tvori eno zaslonsko točko, da bi upodobil celo sliko.

Izražanje zaslonske ločljivosti je nedosledno: v nekaterih virih navajajo enoti ppc/ppi, v drugih dpc/dpi, v tretjih kar oboje – malo mešano. Izražanje zaslonske ločljivosti s pikslji (slikovnimi

elementi digitalne slike) na dolžinsko enoto je v primeru enobarvne večtonske slike korektno, v primeru barvne – trikromatske pa pogosto postane zavajajoče. Na barvnem monitorju morajo namreč tri zaslonske točke upodobiti en slikovni element – piksel.

❖ Digitalna slika v spominu računalnika ima lahko večjo ali manjšo slikovno ločljivost od privzete zaslonske ločljivosti monitorja. Če je prva npr. 800 × 600 Px, druga pa 1024 × 768 Px, vidimo vso sliko v razmerju 1 : 1. Če je slikovna ločljivost večja, denimo 2400 × 1800, se na zaslonu upodobi le del, približno polovica slike. Da bi videli celo, jo moramo programsko pomanjšati; pri tem aplikacija s svojo slikovno statistiko združi tonske vrednosti pikslov in jih preslika na eno zaslonsko točko. V tem primeru zaslonska točka pomeni nič več ne ustreza pikslu.

❖ Če digitalno sliko glede na zaslonsko ločljivost preveč (zelo) povečamo, pa aplikacija tonsko vrednost istega piksla preslika na več sosednjih zaslonskih točk; bolj ko jo povečamo, več točk upodobi isti ton in slika postane posterizirana.

Vse navedene in opisane ločljivosti se v literaturi in virih izrazoslovno neskladno in protislovno prepletajo. Ne le da vsako izmed navedenih oblik enostavno imenujejo samo ločljivost, v Sloveniji spačeno tudi resolucija (resolution), pogosto zamenjujejo pravi pomen specifičnih izrazov. To je še zlasti opazno pri različnih strokovnih področjih, ki se ne ozirajo eno na drugo, npr. računalništvo, televizija, fotografija, grafika, tiskarstvo; glej sliko 3 na strani 27.

TONSKI OBSEG

Tonskega obsega reprodukcije oz. števila prepoznavnih tonov v njej se ne da preprosto ugotoviti. Upoštevati moramo, da lahko na primer v fotografiji prepoznamo skoraj poljubno število tonov in da je njihovo število pravzaprav odvisno samo od tega, kako natančno jih lahko izmerimo. Razlika dveh tonskih vrednosti pa pri tem ne more in ne sme biti manjša od raztrosa znotraj teh dveh tonov. Če poznamo raztros vrednosti znotraj vsakega tona v tonskem obsegu, lahko določimo njihovo prepoznavno število med najsvetlejšim in najtemnejšim območjem reprodukcije. Če je raztros tonskih vrednosti v vsem tonskem obsegu enak, ga izračunamo tako, da kontrastni obseg delimo z raztrosom tonskih vrednosti. Statistično merilo raztrosa je standardna deviacija; da bi jo izmerili, potrebujemo računalniško podprt sistem za slikovno analizo.

S slikovno analizo so ugotovili, da imajo črno-bele večtonske fotografije statistično zgolj 120 prepoznavnih tonov!

V ofsetnem tisku na premazane papirje statistično prepoznamo 80–90 tonov, v najboljšem primeru 200, še mnogo manj pa v časopisnem tisku. Njegov statistični tonski obseg je zaradi večjega raztrosa tonskih vrednosti in občutnih izgub v najsvetlejših in najtemnejših območjih samo od 40 do 50 tonov! Podatki veljajo za amplitudno rastriranje, pri frekvenčnem pa zaradi zapiranja rastrskih tonov in korekcije tiskarske gradacije ne more biti bistveno večji.

V zvezi z digitalnimi upodobitvenimi sistemi, kot so elektrofotografski (laserski) tiskalniki, običajno podajajo tudi tonski obseg, to je število tonskih vre-



Slika 3. Ločljivosti v reprodukcijskem procesu.

tvrajajo nazaj v analogne. Dobra grafična kartica izkoristi vse kakovosti monitorja, pospeši obnavljanje (osveževanje) slike in omogoča v vsakem kanalu precizno upodabljanje 256 tonov.

✦ Kako se digitalne vrednosti iz spomina »preslikajo« na zaslon, poleg game določata tudi nastavljena svetlost in kontrast monitorja (angl. gain, offset).

✦ Tonski obseg monitorja mora biti najmanj 8-bitni (256 tonov), zato je v spominu na voljo najmanj en byte za vsako zaslonsko točko.

Najsodobnejši digitalni monitorji lahko v vsakem kanalu reproducirajo ne le standardnih 256, marveč kar 1024 tonov, in s tem omogočajo simulacijo odtisa v kateri koli tiskarski tehniki.

Tako kot pri upodobitveni oz. zaslonski ločljivosti je tudi pri številu razpoznavnih tonov televizijska slika nekaj posebnega. Omejitve povzročata frekvenca osveževanja zaslonske slike. Elektronski žarki zaslon nenehno preletavajo in vedno na novo upodablja tone v posamičnih zaslonskih točkah. Po evropskih normah se to dogaja 25-krat na sekundo. Ta frekvenca je nizka, močno opazno je moteče utripanje slike. Pomagajo si tako, da signale razdelijo v dva dela s polovičnim številom vrstic. Ker je vrstic pol manj, elektronski žarek upodablja vsako drugo vrstico, polovični sliki pa se lahko obnavljata s frekvenco 50 Hz. Kljub temu se utripanje slike s preskakovanjem vrstic ne odpravi v celoti in omejuje število razpoznavnih tonov oz. barv.

Rešitev utripanja zaslonske slike s preskakovanjem vrstic (*interlaced*) ne pride v poštev po-

dnosti, ki pa nima prav nič opraviti s tonskim obsegom, kot ga razumemo v tem prispevku. Ta digitalni tonski obseg se namreč nanaša na vhodne tonske vrednosti (input tone values), tj. na število tonov, ki jih lahko ima dokument v spominu sistema. Ali lahko naprava enak tonski obseg upodobi tudi na izhodu, je pa povsem drugo vprašanje.

Dokler je tonski obseg na vходу razmeroma majhen, kot denimo pri nizkoločljivih tiskalnikih, je običajno enak tistemu na izhodu. Digitalni kopirni stroji in tiskalniki imajo tonske obsege na vходу 64 ali več tonskih vrednosti. To pa ne pomeni, da se bo toliko tonov upodobilo tudi na odtisu. Raziskave so pokazale, da digitalni kopirni stroji na podlagi elektrofotografije navadno ne

morejo upodobiti več kot 50 prepoznavnih tonov.

Še večje razhajanje med številom tonov na vходу (input) in tistim na izhodu (output) se pojavi zaradi skeniranja in digitaliziranja (kvantiziranja) večtonskih predlog. Digitaliziranje s skenerjem je navadno omejeno na 256 tonov, digitalne tiskarske tehnike pa na papirju navadno ne morejo upodobiti več kot sto prepoznavnih tonov.

Vsak slikovni element (piksel) ima tonski obseg in enak tonski obseg lahko upodobi vsak zaslonski element monitorja: če ima digitalna slika format 1200 x 1600 pikselov in jih prav toliko lahko upodobi monitor, se preslikajo neposredno iz dinamičnega spomina; če je tonska vrednost kakšnega od teh pikselov 128, na zaslonu zasveti s svojo

polovično močjo. To omogočajo visoke osvežilne frekvence, če je le monitor pravilno nastavljen (kalibriran). Gama je vrednost, ki povezuje digitalne tonske vrednosti pikselov z jakostjo elektronskih žarkov oz. svetilnostjo zaslonskih točk pri definirani tonski vrednosti. Izraža se v obliki eksponenta in je vsekakor produkt dveh ločenih komponent: monitorja in grafične kartice, tj. barvnih tablic v vmesnem pomnilniku računalnika. Te so navadno glavni vir odstopanj, medtem ko so game monitorjev razmeroma izenačene. Klasični monitorji so analogne naprave, zato se toni, ki jih lahko prikažejo, zvezno spreminjajo med minimalno in maksimalno vrednostjo. Zadrega povzročajo zlasti omejitve grafičnih kartic in gonilnikov, ki digitalne signale pre-

vsod tam, kjer slike niso gibljive, in na delovnih mestih, kjer ga operater opazuje več ur skupaj. Med take primere vsekakor sodijo delovna mesta v grafični dejavnosti. Medtem ko pri televiziji povečanje frekvence osveževanja zaradi povečane množice signalov ni možno, pa to ni ovira pri računalniških monitorjih, ker se digitalne slike upodablja s podatki v dinamičnem spominu računalnika. Tega so dodali tudi digitaliziranim analognim televizijskim sprejemnikom; signali polovičnih slik se najprej shranijo v dinamični spomin, nato pa z višjo frekvenco upodabljaajo na zaslonu: 100 celih slik namesto 50 polovičnih na sekundo. Televizijskim standardom so prilagojene vse videotehnologije in predvajaniki za optične plošče, četudi tehnično zmorejo bistveno več. Glede na frekvenco osveževanja in z njo povezanim utripanjem slike tonski obseg televizije SDTV ni večji kot 50 razpoznavnih tonov. To velja tudi za televizijo HDTV s frekvenco 30 Hz in prepletenim upodabljanjem slik (oznaka I), pri digitalni televiziji HDTV z oznako p, kjer se slike ne prepletajo, pa smemo računati s povečanim tonskim obsegom, denimo sto razpoznavnih tonov.

IZRAČUN SPOROČILNEGA NABOJA

Tonski obseg in optična ali reprodukcijska ločljivost sta podlaga za izračun sporočilnega naboja dane površinske enote oz. slike danega formata. Enota sporočilnega naboja je bit. Slikovni element, ki je bodisi črn bodisi bel, ima sporočilni naboj en bit. Če lahko upodobi tudi določeno število tonov med belo in črno, se njegov sporočilni naboj povečuje z binarnim logaritmom (\lg)

tonskega obsega. Pri štirih tonih se sporočilni naboj poveča dvakrat, pri šestnajstih štirikratkrat itn. Na splošno velja, da je sporočilni naboj S_n logaritem tonskega obsega n pri osnovi 2:

$$S_n = \lg n$$

To velja za črno-bele oz. enobarvne slike. Pri barvnih slikah upoštevamo razpoznavno število tonov v barvnih izvlečkih, zato je sporočilni naboj tu sorazmeren s številom kromatičnih barvnih izvlečkov c :

$$S_n = c \times \lg n$$

Končno moramo upoštevati še reprodukcijsko ali optično ločljivost r pri dani površinski enoti:

$$S_n = r^2 \times c \times \lg n$$

Reprodukcijska ločljivost omogoča, da izračunamo število vseh rastrskih pik ali točk, pikslov ali zaslonkih točk na dani površini. Sporočilnega naboja namreč pogosto ni mogoče podajati na površinsko enoto; v takih primerih moramo upoštevati format končne reprodukcije in v formulo dodati njeno površino (širina $w \times$ višina h v primernih enotah):

$$S_n = r^2 \times c \times \lg n \times w \times h$$

Tiskane reprodukcije

Tiskana, amplitudno rastrirana reprodukcija formata pri linijaturi L (cm^{-1}) ima sporočilni naboj

$$S_n = L^2 \times c \times \lg n$$

Upoštevamo reprodukcijsko ločljivost, ki ustreza številu vseh rastrskih pik na cm^2 , tonski obseg ene rastrske pike 90 tonov pri 60-linijem in 40 pri 40-linij-

skem rastru v časopisnem tisku ter tri osnovne barve CMY. S tem dobimo

$$S_{60} = 60^2 \times 3 \times \lg 90 = 70.200 \text{ bitov} = 8,57 \text{ KB/cm}^2$$

$$S_{40} = 40^2 \times 3 \times \lg 40 = 25.584 \text{ bitov} = 3,12 \text{ KB/cm}^2$$

Reprodukcija formata A4 ima približno 630 cm^2 , zato je sporočilni naboj 5,27 oz. 1,92 MB.

Tonski obseg rastrske točke frekvenčne reprodukcije je samo dva (obarvano ali neobarvano), zato pa se spreminja reprodukcijska ločljivost od 125 linijskih parov pri 40-mikrometrskih (časopisni tisk) do 250 linijskih parov pri 20-mikrometrskih (akcijski tisk) rastrskih točkah:

$$S_{20} = (2 \times 250)^2 \times 3 \times \lg 2 = 750.000 \text{ bitov} = 91,55 \text{ KB/cm}^2 \text{ ali } 56,3 \text{ MB/A4}$$

$$S_{40} = (2 \times 125)^2 \times 3 \times \lg 2 = 187.500 \text{ bitov} = 22,89 \text{ Kb/cm}^2 \text{ ali } 14,08 \text{ MB/A4}$$

Heksakromatične reprodukcije so lahko samo frekvenčno rastrirane in imajo ne glede na svoje ime, ki je prav vsled tega sporno, pet kromatičnih barv (cian, magento, rumeno, oranžno in zeleno; šesta, črna barva je akromatična!). Njihov sporočilni naboj pri 20-mikrometrskih rastrskih točkah je potem takem

$$S_{20} = (2 \times 250)^2 \times 5 \times \lg 2 = 1.250.000 \text{ bitov} = 152,59 \text{ KB/cm}^2 \text{ ali } 93,88 \text{ MB/A4}$$

Verodostojni podatki o tiskovni ločljivosti digitalnih tiskalnikov niso objavljeni, zanesljivo pa smemo trditi, da fotografski kapljčni tiskalnik z 10-pikolitrsko kapljico, ustreza ji naslovna lo-

čljivost 2450 dpi, verjetno ne more natisniti 50 linijskih parov na mm tj. tisoč linij na cm! Če vseeno menimo, da lahko tiska rastrske točke premera 10 mikrometrov, dobimo sporočilni naboj 375,5 MB. Bolj realno privzamemo, da njegova tiskovna ločljivost ustreza frekvenčno rastrirani reprodukciji z 20-mikrometrsko rastrsko točko in upoštevamo, da natisne pet kromatičnih barv (npr. cian, magenta, rumena, modra, rdeča). Brez računanja ugotovimo, da je sporočilni naboj enak tistemu pri heksakromiji (93,88 MB/A4).

Analogna fotografija

Za fotografsko večtonsko sliko namesto linijature upoštevamo optično ločljivost fotomaterialov v linijskih parih na cm in jo moramo zaradi dvojnih linij tako kot pri frekvenčnem rastriranju pomnožiti še s faktorjem dva. Pri črno-beli fotografiji upoštevamo $c=1$, pri trikromatskih $c=3$. Poleg statističnega tonskega obsega 128 bomo upoštevali tudi 256 tonov, saj je dobro znano, da kakovostno skeniranje ni mogoče, če je snemalni obseg skenerja manjši kot 1024 tonov, kontrastni pa manjši kot 4,0 D. Za trikromatske transparentne fotomateriale splošne občutljivosti ISO 100/21 velja:

$$S_f = (2 \times 500)^2 \times 3 \times \lg 128 = 21.000.000 \text{ bitov} = 2563,48 \text{ KB/cm}^2 \text{ ali } 1577,13 \text{ MB/A4}$$

$$S_f = (2 \times 500)^2 \times 3 \times \lg 256 = 24.000.000 \text{ bitov} = 2929,69 \text{ Kb/cm}^2 \text{ ali } 1802,44 \text{ Mb/A4}$$

Diapozitiv formata leica ($2,4 \times 3,6 \text{ cm}$) ima pri enaki splošni občutljivosti fotomateriala sporočilni naboj med 21,6 in 24,7 MB.

Digitalna fotografija

Sporočilni naboj digitalne fotografije ne računamo samo glede na snemalno ločljivost, marveč moramo upoštevati tudi velikost in razmerje stranic snemalnega vezja. S temi podatki dobimo realno število slikovnih elementov digitalne fotografije in po znanim obrazcu sporočilni naboj posnetka. Tu je primer za trenutno najbolj zmogljivo digitalno kamero Canon EOS-1Ds Mark II:

- ✧ geometrična ločljivost
 $4992 \times 3328 = 16.613.376$ fotoelementov
- ✧ velikost snemalnega vezja
 36×24 mm (leica)
- ✧ optična ločljivost
664 LP/cm (1594 LP na višino slike 24 mm)
- ✧ tonski obseg 248

$$Sn = (2 \times 664)^2 \times 3 \times \text{ld } 248 \\ \times 2,4 \times 3,6 = 43,35 \text{ MB}$$

Konkurenčni proizvod Nikon D2X geometrične ločljivosti $4288 \times 2848 = 12.212.224$ fotoelementov ima pri velikosti snemalnega vezja $23,7 \times 15,7$ mm optično ločljivost 1315 linijskih parov po višini slike. Sporočilni naboj njegovega posnetka pri tonskem obsegu 255 je

$$Sn = (2 \times 838)^2 \times 3 \times \text{ld } 255 \\ \times 1,57 \times 2,37 = 29,87 \text{ MB}$$

Podoben izračun izkaže, da ima novejša amaterska digitalna kamera Sony Cybershot DSC-W5 z ločljivostjo 5.038.848 fotoelementov sporočilni naboj svojega posnetka zgolj 10,97 MB. Pripočena cena te kamere je 300 evrov. Če niste zadovoljni z njenim sporočilnim nabojem, boste morali doplačati 4700 evrov za Nikon D2X ali 7700 evrov za

Canon EOS-1Ds Mark II (v obeh primerih brez objektiva). Druga možnost je, da za ta denar kupite 750 kakovostnih diapozitiv filmov (po potrebi) in s svojo analogno kamero z vsakim posnetkom dosežete sporočilni naboj 24,7 MB.

Televizija in monitorji

V nasprotju s tiskanimi reprodukcijami je sporočilni naboj televizijskih slik neodvisen od formata zaslona in vedno enak. Sporočilni naboj določa namreč množica signalov za moduliranje elektronskih žarkov v katodni cevi, ki je pri velikem zaslonu prav tako velika kot pri majhnem. Zaradi tega velja pri opazovanju televizijskih zaslonov pravilo, da mora biti opazovalna razdalja v določenem razmerju z višino zaslona. Evropske televizijske sprejemnike moramo v tem smislu opazovati z razdalje, ki je najmanj štirikratnik njihove višine.

Pri vsem tem moramo vedeti, da pride navedeno število vrst v pošteev samo za akromatične svetlostne signale, barvni oz. kromatični pa se prenašajo s še manjšim številom. Vzrok je zgodovinska zasnova televizije, ki je bila prvotno namenjena le za črno-belo tonsko reprodukcijo. Črno-bela televizijska slika ima trikrat manjši sporočilni naboj kot barvna, pri uvajanju barvne televizije pa ni bilo mogoče kanalne kapacitete prav tolikokrat povečati. Pomagali so si tako, da so pri isti kanalni zmogljivostih kombinirali akromatične in kromatične signale, posledično pa imajo kromatični signali mnogo manjšo, akromatični pa le malo manjšo ločljivost. V Evropi lahko z barvnimi signali upodobimo okoli sto vrstic.

Sporočilne omejitve televizije veljajo za vse »televizijske« medi-

je, torej tudi za video- in slikovne plošče, četudi bi z njimi lahko upodabljali mnogo boljše reprodukcije. Vzrok je standardizirana televizijska tehnologija, ki se ji pri predvajanju ni mogoče izogniti.

Sporočilni naboj televizijskih slik računamo podobno kot pri natisnjenih reprodukcijah. Pri tem je zelo pomemben dejavnik format slike, ki ga definira razmerje med višino in širino slike. Razmerje pri televiziji SDTV je 3 : 4, kar pomeni, da je televizijska slika primerljiva s prečnim formatom A4.

Za izračun sporočilnega naboja potrebujemo poleg števila zaslonovskih točk še tonski obseg, ki ga upodobi vsaka med njimi. Glede na frekvenco osveževanja in z njo povezanim utripanjem slike ta ni večji kot 50 prepoznanih tonov. Število linij za akromatični evropski signal je 400, sporočilni naboj črno-bele slike pri razmerju stranic 3 : 4 pa

$$Sn = 400^2 \times 4/3 \times \text{ld } 50 = \\ 149.866 \text{ bitov} = 146,35 \text{ KB}$$

K temu dodamo še sporočilni naboj kromatične slike za sto razpoznanih linij:

$$Sn = 100^2 \times 4/3 \times \text{ld } 50 = \\ 74.933 \text{ bitov} = 9,14 \text{ KB}$$

Sporočilni naboj barvne televizijske slike SDTV v Evropi je potem takem 155,49 KB ali samo 0,15 MB.

Digitalna televizija HDTV ima razmerje stranic 16 : 9. Na podlagi formata 720p smo ugotovili, da je od $1280 \times 720 = 921.600$ pikslov razpoznanih samo 389.376, kar določa že znani Kellov faktor 0,64, a s stotimi razpoznanimi toni med belo in črno. Črno-beli signal upodablja okoli 470, barvnega pa okoli 360

vrstic. Sporočilni naboj televizijske slike HDTV je

$$Sn = 470^2 \times 16/9 \times \text{ld } 100 = \\ 2.611.528 \text{ bitov} = 318 \text{ KB}$$

$$Sn = 360^2 \times 16/9 \times \text{ld } 100 = \\ 1.532.160 \text{ bitov} = 187 \text{ KB}$$

skupaj 505 KB ali okoli 0,5 MB. To so zelo skromne vrednosti, ki pa jih poveča gibljivost slik. Če upoštevamo frekvenco osveževanja 25 Hz, je sporočilni naboj televizije SDTV 3,75 MB, HDTV pa 12,5 MB na sekundo; ozvočenje k temu le malo prispeva. Seveda ne smemo pozabiti, da se v našem primeru posvečamo zlasti mirujočim slikam, ki so z gibljivimi neprimerljive.

Digitalne fotografije najpogosteje opazujemo na računalniških monitorjih. Najsodobnejši (in najdražji) lahko pri reprodukciji ločljivosti 1600×1200 pikslov upodobijo od 256 do 1024 tonov. Sporočilni naboj slike na zaslonu je

$$Sn = 1600 \times 1200 \times 3 \times \text{ld } 256 \\ = 46.080.000 \text{ bitov} = 5.625 \text{ KB} \\ = 5,49 \text{ MB}$$

ali celo

$$Sn = 1600 \times 1200 \times 3 \times \text{ld } 1024 \\ = 57.600.000 \text{ bitov} = 7031 \text{ KB} \\ = 6,87 \text{ MB}$$

Človeško oko

Na razdalji 40 cm je optična ločljivost očesa 29 linijskih parov/cm. Na formatu A4 pri tej razdalji razločimo torej 1740 linij po višini in 1218 po širini, skupaj 2.119.320 slikovnih elementov. Reprodukcijska praksa kaže, da oko prepozna 16,7 milijona barv oziroma 256 tonov z vsako vrsto barvnih receptorjev in z lahkoto izračunamo tudi

SPOROČILNI NABOJ

sporočilni naboj, ki ga še zaznavamo:

$$\begin{aligned} S_n &= 1740 \times 1218 \times 3 \text{ ld } 256 = \\ &= 50.863.680 = 6208,95 \text{ KB} = \\ &= 6,06 \text{ MB} \end{aligned}$$

Literatura pa med drugim navaja, da človek ne vidi kaj dosti več kot dober milijon barv, po sto tonov z vsakim barvnim receptorjem torej. V tem primeru na barvni sliki formata A4 zaznavamo sporočilni naboj, ki ni večji kot 5,04 MB.

SKLEP

Vsi prej navedeni podatki so tabelirani v preglednici na začetku prispevka. Če jih primerjamo, brez težav ugotovimo:

✦ Sporočilni naboj, ki ga zana-va človeško oko, je primerljiv s sporočilnim nabojem amplitudno rastriranih reprodukcij 60-linijskega rastra in mnogo večji kot sporočilni naboj mirujočih

televizijskih slik. Le če se slike gibljejo, televizija HDTV preseže sporočilni naboj tiska z amplitudnim rastrom. V vseh drugih primerih je sporočilni naboj reprodukcije oz. posnetka višji kot tisti, ki ga še zaznavamo.

✦ Pri opazovanju mirujočih televizijskih slik moramo s tiskano reprodukcijo primerjati eno samo zaslonko sliko. Njen sporočilni naboj je več kot 30-krat manjši od natisnjene slike A4 v 60-linijskem rastru. Tudi v primerjavi s časopisno sliko enakega formata v 34-linijskem rastru je še vedno 10-krat manjši. Šele sporočilni naboj visokoločljive televizije HDTV je nekako primerljiv s časopisno reprodukcijo.

✦ Drugače je z računalniško podprtimi visokoločljivimi monitorji za grafično dejavnost. Izkazalo se je, da zelo dobro simulirajo tiskane reprodukcije. Ne nazadnje njihov sporočilni naboj natanko ustreza človeškemu. To

pa nima z izboljšanjem kakovosti televizijske slike nobene zveze, ker televizijske kamere zaradi kanalne zmogljivosti pri prenosu še dolgo ne bodo mogle (smele) snemati s tako visoko ločljivostjo. Tudi za uvajanje visokoločljive televizije bo potrebnih še mnogo naporov, da bi v Evropi leta 2006 z njo prenašali svetovno prvenstvo v nogometu.

✦ Sporočilni naboj tudi najboljših monitorjev pa je vseeno premajhen, da bi verodostojno reproduciral sporočilni naboj digitalnih fotografij. Celo sporočilni naboj amaterskih kamer je višji kot tisti, ki ga kakovostni monitor lahko upodobi. Digitalne fotografije, ki jo posname profesionalna digitalna kamera, preprosto ne morete videti drugače kot na odtisu kapljicega tiskalnika. Tej kakovosti ustreza tudi kakovost frekvenčno rastriranih reprodukcij z 20-mikrometrsko rastrsko točko, s 40-mikrometrsko pa je slabša. Seveda s tem kar 10-krat presegajo sporočilni naboj amplitudno rastriranih.

✦ Barvni diapozitiv ali negativ na fotomaterialu splošne občutljivosti ISO 100/21 in formata A4 ima še vedno neprimerljiv sporočilni naboj, kar 1577,1 MB. Vseeno pa je v formatu leica manjši kot sporočilni naboj profesionalnih digitalnih fotografij. Zapomnimo si: kakovost digitalne fotografije je na Photokini 2004 presegla kakovost analogne! No, če si omislite digitalno kamero za 300 evrov, morate še vedno računati na precej slabšo reprodukcijo.

VIRI

1. Dr. Kurt Schläpfer
DIE INFORMATIONSGEHALT
VON BILDERN
Ugra Mitteilungen 2/1990, str. 42-48
2. Kurt Schläpfer
WIEVIEL AUFLÖSUNG BRAUCHT
MAN IN DER BILDWIEDERGABE?
Ugra Mitteilungen, št. 3/1999
3. UGRA/FOGRA
VELVET SCREEN VERSION 1.5
Benutzeranleitung, julij 1995
4. Marko Kumar
UVOD V FREKVENČNO RASTRIRANJE
Graficar 1/1996, str. 14-18, 26-30
5. Niko Ruokosuo
OPTIMAL SCREENING AND RESOLUTION OF DIGITAL IMAGES
FOR NEWSPAPERS
Ifra Special Report 2.13, Darmstadt 1994
6. Karl Stechl
PIXEL-ATTACKE;
CANON EOS-1Ds Mark II
ColorFoto 2/2005, str. 12-14
7. Karl Stechl
VOLLES DUTZEND; Nikon D2X
ColorFoto 5/2005, str. 14-18
8. Susan Rönisch
DIE MITTELKLASSE;
12 KAMERAS IM VERGLEICH
ColorFoto 5/2005, str. 24-37
9. n. n.
UPORABA GRAFIKE V SPLETNIH
PREDSTAVITVAH
<http://gimvic.org/gradiva>, 2005. 02. 18
10. Ivan Čabrilo
BORBA ZA BOLJU SLIKU
www.sk.co.yu/2004/11/sknt01.html
2005. 04. 19
11. Keln J. Kuhn
HDTV TELEVISION –
AN INTRODUCTION
www.ee.washington.edu/conselec/CE
2005. 04. 19
12. Marko Pršina
PHOTOKINA 2004:
MALOSLIKOVNE DIGITALNE KAMERE
Graficar 6/2004, str. 6-13
13. Helmut Kipphan
HANDBOOK OF PRINT MEDIA
Springer-Verlag, Heidelberg 2001
14. www.zeiss.de
15. www.kodak.com
16. www.fujifilm.com



slika 4. Najboljša fotografska kamera vseh časov: posnetek digitalnega Canona EOS-1Ds Mark II ima sporočilni naboj 43,4 MB, skoraj dvakrat več kot diapozitiv formata leica na filmu splošne občutljivosti ISO 100/21, ki ne presega 24,7 MB. Temu primerna je tudi cena : 8000 EUR brez objektiv ali 184 EUR za vsak razpoložljivi MB. Njegovega posnetka seveda ne morete videti na monitorju, zgolj na odtisu najboljšega kapljicega tiskalnika, ki ima pri formatu A4 sporočilni naboj okoli 94 MBytov. Ali pa še tam ne, če pomislite, da človeško oko zazna največ 6,1 MB.

Marko KUMAR