

Univerza v Ljubljani
Naravoslovnotehniška fakulteta
Oddelek za tekstilstvo - TGT

ZAKAJ JE BARVNA GLOBINA POMEMBNA PRI SKENIRANJU?

Seminarska naloga pri predmetu Tehnologija grafičnih
procesov



Ljubljana, 20.05.2004

Nina Udir in Hana Vrčkovnik

Kazalo

1	Uvod.....	2
2	Splošno o bitnih slikah (Bitmaps)	2
2.1	Piksel	2
2.2	Ločljivost slike	2
2.3	Barvna globina	2
2.3.1	Črno-bele in sivinske slike	3
2.4	Barvne slike.....	4
2.4.1	8-bitne barvne slike	4
2.4.2	24-bitne barvne slike	5
3	Barvni sistemi in mešanje barv	6
3.1	Barvni sistemi.....	6
3.2	Mešanje barv svetlobe in snovi	6
3.2.1	Aditivno mešanje barv	6
3.2.2	Subtraktivno mešanje barv	7
3.3	Pretvarjanje iz RGB v CMYK	8
3.4	Kodiranje barv	10
3.4.1	RGB barvni model	10
3.5	Bitna proti vektorska slika.....	12
4	Skeniranje	12
4.1	Kako skenerji delujejo.....	12
4.2	Tonski obseg slike (Dynamic Range) in barvna gostota (Image Density).....	16
5	Zaključek.....	19
6	Literatura:.....	20

1 Uvod

Tema seminarske naloge »Zakaj je barvna globina pomembna pri skeniranju?« je precej tehnična tema, ki zahteva kar nekaj znanja na tem področju. Na začetku seminarske naloge sva prav zaradi širine teme o barvni globini najprej predstavili nekaj splošnih terminov, ki se nanašajo na bitne slike (črno-bele, sivinske ter barvne) ter barvne sisteme in mešanje barv. Bistva pomena barvne globine pri skeniranju sva se lotili s predstavitvijo delovanja optičnega čitalca, pri čemer sva podrobneje opisali delovanje tipal CCD in CMOS. Pri tem naju je zanimal predvsem vpliv na posamezne piksele in njihov odziv na vpadno svetlobo pri postopku skeniranja. Pomemben se nama je zdel tudi pomen števila barvnih tonov, ki jih določen optični bralnik zajame, saj to neposredno vpliva na barvno globino, tonski obseg oz. dinamični razpon slike ter z njim povezano gostoto slike.

2 Splošno o bitnih slikah (Bitmaps)

2.1 Piksel

Piksel je osnovni gradnik slike in si ga lahko predstavljamo kot točko. Vsak ima lahko svojo barvo in je najmanjša enota slike, ki ji lahko določimo (spremenimo) barvo. Koliko možnih barv ima lahko en piksel je odvisno od barvne globine slike. Intuitivno lahko sklepamo, da več kot ima slika pikslov, več detajlov le-te lahko predstavimo in lepša je slika tudi videti.

2.2 Ločljivost slike

Barvna ločljivost (resolucija) nam pove, s kakšno natančnostjo je optični čitalnik sposoben zajeti barvno informacijo slike, od česar pa je odvisna natančnost barvnih odtenkov pri končnem izdelku. Vsaka računalniška slika je kvadratna, ker jo lahko tako najlažje (matematično) opišemo - zadostuje podatek o njeni širini ter o višini. Tako je računalniku dejansko tudi predstavljena - za vsako (novo) sliko določimo število pikslov v vodoravni in navpični smeri. Ta dvojica je imenovana resolucija slike (npr. 800x600). Celotno število pikslov, ki so na sliki, je produkt teh dveh (npr. $800 \times 600 = 480.000$ pikslov).

2.3 Barvna globina

Izraz barvna globina uporabljamo za opis največjega možnega števila barvnih odtenkov, prikazanih na sliki. Kratica bpp (*bits per pixel*) predstavlja število bitov, ki jih porabimo, da shranimo informacijo o barvi za vsak piksel slike. Več kot jih porabimo (bitov, ne pikslov), več različnih barv lahko predstavimo, posledica pa je večja količina pomnilnika, ki je potrebna, da shranimo sliko na disk. Barvno globino imenujemo tudi bitna globina (*bit depth*) oz. globina piksla (*pixel depth*).

Barvna globina		Število možnih tonov
1-bit	2^1	črna in bela
2-bit	2^2	4 toni
4-bit	2^4	16 tonov
8-bit	2^8	256 tonov
8-bitna sivinska lestvica	2^8	256 sivih tonov
16-bit	2^{16}	32768 tonov
24-bit	2^{24}	16.7 milijonov tonov
32-bit	2^{32}	16.7 milijonov + 256 stopenj transparentnosti

Tabela 1: Tabela možnih tonov glede na barvno globino

2.3.1 Črno-bele in sivinske slike

Črno bele slike imajo piksele le črne in bele barve, sivinske (*greyscale*) slike pa imajo tudi odtenke sive barve. Število odtenkov narašča v eksponentni odvisnosti, natančneje po funkciji

$$\text{Št. barv} = 2^n,$$

kjer je n število bitov, ki vsebujejo informacijo o barvi posameznega piksla.

Primer:

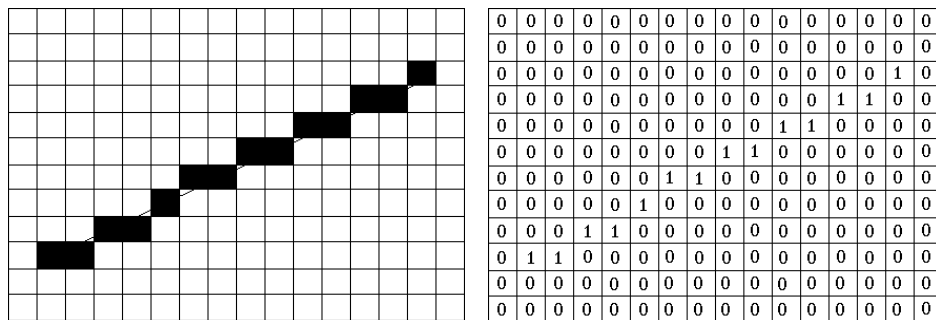
- slika z enobitno globino ima 2 možni barvi - črno ali belo. $b=0$ lahko pomeni belo barvo, $b=1$ pa črno. Te slike so črno-bele.

b	Barva
0	Bela
1	Črna

- slika z bitno globino 2 ima $2^2 = 4$ možnih barv oz. odtenkov.

b_1	b_0	barva
0	0	bela
0	1	siva
1	0	temno siva
1	1	črna

- slika z bitno globino 24 ima 2^{24} oz. 16.7 milijonov možnih barv (odtenkov)
- slika z bitno globino 32 ima $2^{32} = 16.7$ milijonov možnih barv ter 2^8 nivojev transparentnosti.



Slika 1: Primer (črno bele) slike z bitno globino 1 bit resolucije 16x12 pikslov. Na levi vidimo kako slika izgleda, na desni pa digitalna oblika le te. Enice so na črnih mestih, drugje so ničle. Podobno je pri sivinskih slikah, le da za vsak piksel porabimo število bitov, ki ustreza barvni globini slike (npr. 8 bitov na piksel, če je bpp enak 8).



Slika 2: Primer 1-bitne, 2-bitne, 3-bitne in 8-bitne slike

2.4 Barvne slike

2.4.1 8-bitne barvne slike

Pri 8-bitni barvni sliki je vsak posamezen piksel sestavljen iz ene izmed 256 možnih barv, ki so oštevilčene od 0 do 255. S štetjem začnemo v zgornjem levem kotu kvadrata (slika 3) in nato štejemo proti zgornjemu desnemu kotu. Tako dobimo barvno tabelo oz. boljše rečeno barvno paleto.

Npr.: Peti kvadratek predstavlja rumeno barvo, šesti pa že svetlo vijolično.



Slika 3: Tabela 256-ih barv za posamezen piksel pri 8-bitni sliki

Dejanska barva in njena koda nimata neke logične povezave, kakor velja za 24-bitne slike, kjer lahko določimo barvo za vsak piksel na podlagi informacij za vsak posamezen kanal RGB sistema.

2.4.2 24-bitne barvne slike

Pri 24-bitnih slikah se 8-bitov nanaša na opis vsake izmed osnovnih barv - rdeče, zelene in modre - kombinacija le-teh pa sestavlja barvno sliko. Trikrat po osem bitov zneso 24 bitov.

24-bitna barvna globina, znana tudi kot "*True Color*", je uporabljena kot 24-bitna binarna koda, ki predstavlja vsak piksel.

Tako celotno število možnih kombinacij katerekoli od 256 odtenkov rdeče, skupaj z 256 odtenki zelene in z 256 odtenki modre znaša: $256 \times 256 \times 256$. Zmnožek zneso natanko 16,777,216 možnih barv za vsak piksel, kar pa je več, kot je človeško oko sploh sposobno zaznati. Vsaka barva v barvnem spektru je torej sestavljena iz različnih količin nanosa vsake od posameznih primarnih barv. Npr.: 0,0,0 predstavlja črno in 255,255,255 belo barvo. 255,0,0 sestavlja rdečo, 0,255,0 zeleno in 0,0,255 modro barvo. 255,255,0 sestavlja rumeno, 255,0,255 magento in 0,255,255 cian barvo.

Barvna globina je lahko izražena tudi s 30-biti, 36-biti, 48-biti, ipd.

Kljub temu, da človeško oko lahko zaznava le okoli 10 milijonov različnih barv in barvnih odtenkov, ponujajo današnji skenerji 36-bitno ter 48-bitno barvno globino. Na sliki, ki je skenirana z večjo barvno globino, lahko namreč lažje naredimo barvne popravke.



Slika 4: Slika prikazuje tri posamezne barvne kanale (RGB)



Slika 5: Primer skenirane slike s 24-bitno barvo globino

3 Barvni sistemi in mešanje barv

3.1 Barvni sistemi

RGB je osnovni barvni sistem, ki temelji na sistemu zajemanja barv v človeškem očesu. Začne se s črno barvo in s seštevanjem barv ustvarja vse svetlejše tone. Imenuje se aditivni oz. seštevalni sistem barv. Temelji na treh kanalih (rdečem, zelenem in modrem), od katerih nam vsak da svojo sliko. Uporabljamo ga pri optičnem branju, v fotografiji in videu ter tudi pri prikazu slike na monitorju.

Soroden sistem je subtraktivni ali odštevalni sistem CMYK, ki ga sicer sestavljajo ravno tako tri barve, a mu je dodan še črni toner, kajti CMY barvni sistem se začne z belo barvo, vendar z odštevanjem barv na koncu ne dobimo popolnoma čiste črne barve, temveč umazano rjavo. CMYK barvni sistem se uporablja v glavnem pri tisku in vsi barvni sistemi se morajo pred tiskom preoblikovati v ta sistem, s katerim lahko določamo količino posamezne tiskarske barve v posamezni piki.

3.2 Mešanje barv svetlobe in snovi

3.2.1 Aditivno mešanje barv

Spekter svetlobe, ki pade v oko, lahko nastane z dodajanjem ali pa z odvzemanjem svetlobe. To lastnost svetlobe imenujemo aditivnost. Dodajanje je mogoče le s prištevanjem nove svetlobe-proces imenujemo aditivno mešanje barv svetlobe. Pri tem se združi svetloba več svetlobnih delov, ki direktno dodajajo svetlobo. Del svetlobe se lahko odšteje zaradi absorpcije, ki se lahko pripeti le pri interakciji svetlobe s snovjo. Selektivna absorpcija, ki pomeni odvzemanje svetlobe določene barve, se zgodi pri interakciji svetlobe s koloranti. (barvila in pigmenti). Koloranti delujejo z absorpcijo in odbojem svetlobe, kar je obraten proces dodajanja svetlobe. Pojav imenujemo subtraktivno mešanje kolorantov.

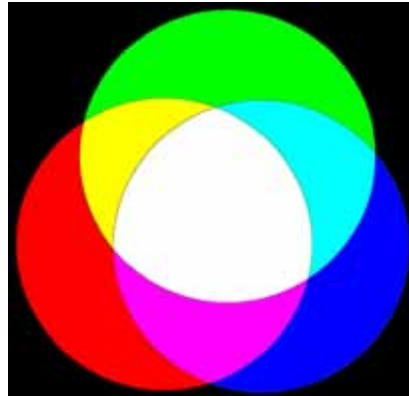
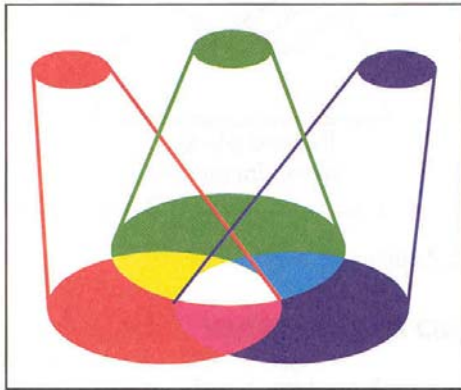
Da bi razumeli fizikalni aspekt zaznave barv, moramo povezati osnovne lastnosti očesa z aditivnostjo svetlobe. Osnova človeškega vida je namreč mreža svetlobnih detektorjev na očesni mrežnici. Ti se odzivajo na svetlobo različnih svetlobnih dolžin in o tem pošiljajo podatke v možgane. Vendar si celotni sistem delo spretno poenostavi tako, da ne reagira na vsako valovno dolžino posebej, ampak porazdeli celotni spekter vidne svetlobe na tri najpomembnejša področja: rdeče, zeleno in modro. Pri tem se meri le količina svetlobe v teh treh spektralnih pasovih.

Tribarvni sistem zaznave svetlobe omogočajo tri vrste pigmentov v svetlobno občutljivi membrani čepkov v mrežnici človeškega očesa. Eden absorbira kratkovalovno (modra svetloba), drugi srednjevalovno (zeleno svetlobo) in tretji dolgovalovno svetlobo (rdeča svetloba). Območja se med seboj delno prekrivajo, posebno področje za rdeče in zeleno. Celotna količina svetlobe, ki jo absorbira vsak od treh pigmentov, pomeni delež modre, zelene ali rdeče. Tako oko v principu neskončno število valovnih dolžin v spektru poljubne svetlobe zmanjša na zgolj tri podatke. Z mešanjem svetlobe teh treh barv lahko dobimo svetlobo vseh barv, zato rdečo, zeleno in modro imenujemo (aditivne) primarne ali osnovne barve (kratica RGB).

Ko se aditivno združi (sešteje) svetloba dveh aditivnih primarnih barv, nastane magenta, rumena ali cian (modro zelena) svetloba. Ko se sešteje svetloba vseh treh aditivnih primarnih barv, dobimo belo:

- rdeča + zelena = rumena
- modra + zelena = cian
- modra + rdeča = magenta
- rdeča + zelena + modra = bela

Preoblikovanje svetlobe treh aditivnih primarnih barv v množico novih barv je aditivno mešanje.



Slika 6: Aditivno mešanje primarnih barv svetlobe

Sposobnost očesa, da ustrezno zazna in sešteje svetlobo primarnih barv, izkoriščajo barvni zasloni katodnih cevi za televizijo in računalnike. Na notranji strani zaslona so majhne pike iz treh različnih luminiscenčnih snovi. V katodni cevi so tri elektronske puške, ki prek natančnega usmerjevalnega sistema pošiljajo katodne žarke na te tri pike hkrati. Ena od njih zasveti rdeče, druga zeleno in tretja modro. Ker so pike zelo drobne, njihovo svetlobo oko sestavi v poljubno barvno svetlobo. Kadar pike slabo svetijo ali pa sploh ne, oko zazna pomanjkanje svetlobe oziroma senco.

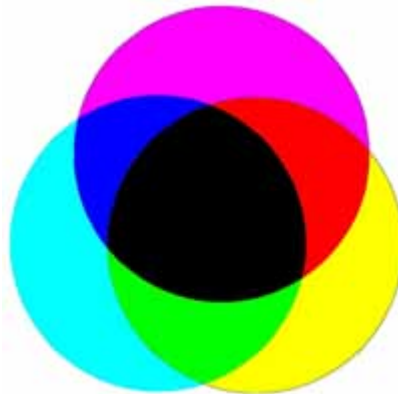
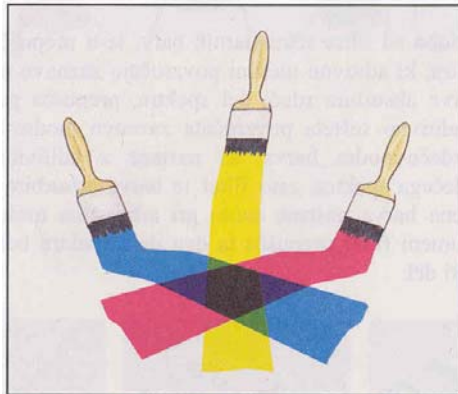
Posamezna fosforna pika meri v premeru manj kot 1/5000 inča, pike pa so tako blizu skupaj, da so meje med njimi neopazne in se zlijejo v celoto. Če povečevalno steklo približamo površini televizije ali monitorja, lahko opazimo, da je vsaka pika drugačne barve. Vse pike sijejo z enakomerno svetlobo in dajejo videz beline na monitorju oz. ekranu

3.2.2 Subtraktivno mešanje barv

Kadar beli svetlobi na katerikoli način odvzamemo (odštejemo) rdeče odtenke, ima svetloba cian barvo; kadar odvzamemo zeleno svetlobo, dobimo svetlobo magenta barve; kadar odvzamemo modre odtenke, pa dobimo rumeno svetlobo. Cian, magenta in rumena barva so subtraktivne primarne barve. Svetlobo teh barv dobimo z odštevanjem (subtrakcijo) svetlobe aditivnih primarnih barv, to je rdeče, zelene ali modre. Zanje pogosto uporabljamo kratico CMY. Oko zazna tako barvo, kadar se svetloba ene od treh primarnih aditivnih primarnih barv absorbira, svetloba drugih dveh pa pade v oko. Kadar zmešamo kolorante dveh subtraktivnih primarnih barv, ima svetloba, ki prihaja od mešanice, eno od aditivnih primarnih barv. Če zmešamo kolorante vseh treh subtraktivnih primarnih barv, bi teoretično morali dobiti črno barvo, vendar nastane navadno eden od sivo rjavih odtenkov. Zato pri barvanju

raznovrstnih podlag in predvsem papirja uporabljamo tudi črni kolorant; to imenujemo štiribarvni sistem in označimo s kratico CMYK.

- rumena + cian = zelena
- magenta + cian = modra
- magenta + rumena = rdeča
- rdeča + zelena + modra = črna



Slika 8: Subtraktivno mešanje barv

Svetlobo določenih barv lahko dobimo tudi s presvetlitvijo barvnih filtrov (absorberjev) z belo svetlobo. Zeleni filter prepušča le zeleno svetlobo, rdeči le rdečo in modri le modro.

Tehnika subtraktivnega mešanja barv se uporablja v tisku oziroma v grafiki.

3.3 Pretvarjanje iz RGB v CMYK

Kot že omenjeno, omogoča tehnika aditivnega mešanja svetlob nastanek barv na barvnem televizorju in monitorju, medtem ko pride pri tiskanju pri uporabi RGB modela do težav, uporabljajo osnovne tiskarske barve (RGB model). Zato pride do težav pri tiskanju slike, saj je potrebno le-to na zaslonu izraziti z osnovnimi tiskarskimi barvami. Pri tem opraviu se nekaj informacij izgubi in zato pride do razlik med sliko na zaslonu in papirju. Zato se v primeru tiskanja slike raje odločimo za model **CMYK** (Cyan, Magenta, Yellow, Key - sinjemodra, škrlatna, rumena, črna), ki uporablja v osnovi tri osnovne tiskarske barve. Za tiskanje slik, ki morajo biti zelo kvalitetne, se uporabljajo modeli z več osnovnimi barvami. Za tiskanje barvne strani je potrebno 24-bitno RGB digitalno sliko pretvoriti najprej v 32-bitno CMYK. RGB slika ima torej tri kanale, CMYK slika pa štiri. Vsak od teh kanalov mora biti opisan z 8 biti. Tako je velikost datoteke za CMYK sliko za 1/3 večja kot pri RGB sliki.

CMYK bitmap slike so sestavljene iz 4 barvnih kanalov in se navezujejo na 32-bitne bitmap slike: 8-bitov (Cyan) + 8-bitov (Magenta) + 8-bitov (Yellow) + 8-bitov (Key) = 32-bitov.

CMY pigmenti ne absorbirajo oz. odbijajo preveč dobro svetlobe, zato jih ne moremo uporabljati pri skeniranju, kjer ima odboj in odsev svetlobe velik pomen. V ta namen je pri skeniranju uporabljen RGB barvni spekter.

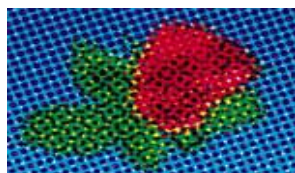
Pri skeniranju bitmap slike svetloba potuje prek rdečega (Red), zelenega (Green) in modrega (Blue) filtra. Za vsakega posebej analogno-digitalni pretvornik pretvori in nato posname zaznane trenutne vrednosti kot ene izmed 256 svin za vsak piksel in nato dobimo RGB informacijo. Če hočemo, da dobimo CMY kot produkt aditivnih mešanj, potem moramo pretvoriti informacijo iz RGB v CMY.

Pretvorba se nadaljuje najprej s pretvarjanjem aditivnih svetlob v subtraktivne, ki so na koncu predstavljene s pigmenti, potem se preverijo vsebujoče napake in končno dobimo četrto stopnjo informacije, ki je uporabljena kot ključna barva (*Key colour*) iz RGB barvnega sistema. Črne barve ne moremo razdeliti na komponente, lahko jo le sestavimo pri prehodu iz RGB sistema v CMY sistem.

Črnilo je razporejeno po papirju kot piksli posameznih CMYK barv različnih premerov, položenih pod različnimi koti. Od daleč posamezni natisnjeni piksli barve delujejo kot celota, saj so premajhni, da bi bili videti ločeno. Združene plasti posameznih CMYK barv (plasti) dajo končni videz slike v treh osnovnih RGB barvah.



Slika 11: Štirje posamezni kanali CMYK barv, predstavljeni s piksli različnih premerov



Slika 12: Združene plasti posameznih CMYK barv dajo RGB sliko

Pri gledanju v beli svetlobi del spektra absorbira črnilo, preostanek spektra pa se odbija in v barvo, ki jo tudi zaznamo kot končno barvo. Vse slikovne pike imajo enako razdaljo med središči, tako ostaja med majhnimi piksli več belega prostora kot med večjimi. Barvna nasičenost tako narašča z razmerjem velikosti premera posameznih slikovnih pik.



Slika 13: Primer barvno nasičene slike

3.4 Kodiranje barv

3.4.1 RGB barvni model

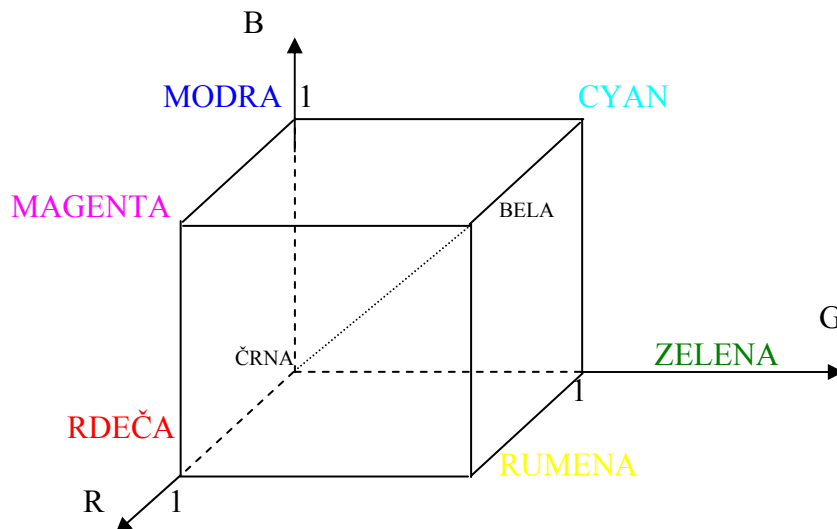
V RGB barvnem modelu lahko barve ponazorimo v tridimenzionalnem prostoru x, y, z , kjer osnovne koordinate predstavljajo osnovne barve. Na x osi je rdeča barva, na y zelena in na z modra. Te barve tvorijo oglišča kocke, ki je predstavljena na sliki 14. V nasprotnih treh ogliščih se nahajajo sekundarne barve (magenta, rumena in cian).

V koordinatnem izhodišču (0,0,0) imamo črno barvo in nasproti nje v točki (1,1,1) belo. Na zveznici teh dveh točk se nahaja črta sivine, ki predstavlja različne sive odtenke. Vrednosti x, y in z za osnovne in sekundarne barve so naslednje:

- rdeča (1,0,0)
- zelena (0,1,0)
- modra (0,0,1)
- rumena (1,1,0)
- cian (0,1,1)
- magenta (1,0,1)

Podobno so barve razporejene v CMY barvnem modelu, kjer so osnovne barve cian, magenta in rumena. Transformacija iz RGB v CMY model je preprosta:

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = 1 - \begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix}$$



Slika 14: RGB barvni model

3.5 Bitna proti vektorska slika

Omeniti velja, da v računalniškem svetu ločimo dve vrsti slik: bitne in vektorske. Razlikujeta se v tem, kako si računalnik shranjuje podatke o njeni vsebini. Bitna slika je sestavljena iz pikslov, elementi vektorske slike pa so objekti (črta, kvadrat, elipsa, bitna slika...).

Vzemimo preprost (in malenkost poenostavljen, a vseeno dovolj nazoren) primer slike, na kateri je le črna premica, na beli podlagi. V vektorski sliki bi bila lahko predstavljena s trojico (tip_objekta, začetna_točka, končna_točka), kjer bi bil tip_objekta premica. Tako bi program za vektorske slike vedel, da mora potegniti daljico iz začetne točke do končne točke. Pri bitnih slikah pa nimamo nobenega podatka oz. informacije o tem, kaj je na sliki. Za vsak piksel moramo shraniti informacijo o njegovi barvi, kar pomeni, da velikost bitne slike (na disku) ni odvisna od njene vsebine, kar pa za vektorske slike ne velja.

4 Skeniranje

4.1 Kako skenerji delujejo

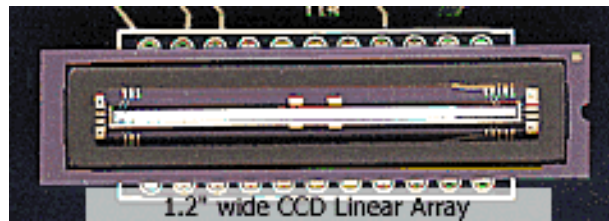
Optični bralnik (skener) je dokaj preprosta naprava, ki nima veliko sestavnih delov. V plastično ohišje je pod pokrovom vgrajena steklena plošča, na katero se postavi predloga, namenjena odčitavanju. Med branjem zelo natančen koračni motorček premika nosilec s tipali pod stekleno ploščo. Tipala so na nosilcu postavljena zelo na gosto, pri zmogljivejših modelih tudi do 1000 na cm. Poleg tipal je na nosilcu tudi vir svetlobe, ki se odbija od predloge, in sestav leč in zrcal, ki skrbijo za pravilno pot svetlobe med virom, predlogo in tipali. Tipala potem to odbito svetlobo spremenijo v digitalno vrednost, ki jo vgrajena elektronika pošlje v računalnik. Delo potem prevzame programska oprema, ki iz dobljenih vrednosti sestavi sliko in jo prenese v grafični program.

Najpomembnejši in najbolj zapleten del bralnikov so tipala. Skoraj vsi današnji bralniki imajo **tipala CCD (Charged Coupled Device)**, ki so v bistvu integrirano vezje. Sestavlja ga na tisoče ali celo milijone mikroskopsko majhnih svetlobno občutljivih elementov, ki svetlobo spreminjajo v električni naboj. Eden ali več teh elementov predstavlja en piksel slike. Svetloba, ki pade na CCD povzroči električni naboj, ki je sorazmeren intenzivnosti svetlobe. Ničti naboj je posledica črne barve, maksimalni možni naboj pa povzroči bela svetloba.

Vsak element CCD-ja vsebuje analogni signal - med ničtim in maksimalnim nabojem pa je neskončno možnih vrednosti, ki jih element lahko zavzame. Analogne vrednosti je potrebno spremeniti v digitalne, da lahko računalnik z njimi operira. Za to skrbi analogno - digitalni (A/D) pretvornik. To je naprava, ki interval $[0, \text{max}]$ razdeli na enako velike podintervale – število podintervalov je odvisno od tega, koliko bitni je A/D pretvornik. Če je 8-bitni, se interval razdeli na 256 enakomerno velikih intervalov in vsakemu pripada točno ena vrednost. Prvi (ničti) ima vrednost 0000 0000, zadnji (max) 1111 1111, intervalom vmes pa vrednost linearno raste po ena.



Slika 15: Primer CCD tipala

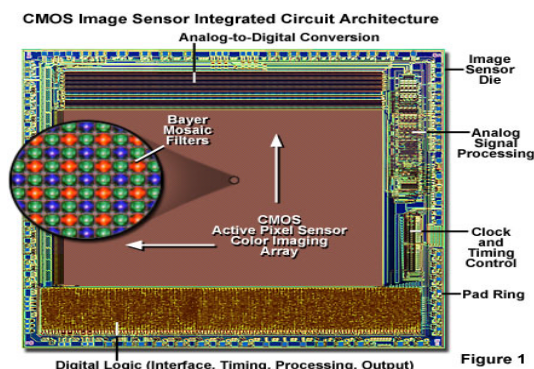


Slika 16: Primer linearnega CCD tipala – ena sam vrsta CCDja.

Na nosilcu mora biti kak centimeter stran poleg tipal tudi vir svetlobe. Ta mora biti čim bolj enakomeren, da ne nastajajo napake zaradi neenakomerne osvetlitve predloge. Včasih so izdelovalci uporabljali fluorescentne žarnice, a te so imele kar nekaj slabosti: niso zagotavljale povsem enakomerne osvetlitve, ob tem pa so se še zelo grele, oddana toplota pa je slabo vplivala na druge optične elemente. Danes skoraj vsi bralniki s tipali CCD uporabljajo žarnice s hladno katodo, ki se ne grejejo toliko, poleg tega pa je njihova svetloba bolj enakomerna. V zadnjem času pa se predvsem v bralnikih najvišjega razreda uporabljajo ksenonske žarnice, ki oddajajo še bolj enakomerno svetlobo, vendar pa za svoje delovanje porabijo precej več električne energije in so tudi precej dražje.

Tipala CCD imajo še eno slabost: so namreč barvno slepa. Zaznajo le jakost odbite svetlobe, ne pa tudi barvne komponente. Včasih so bralniki pri barvnih predlogah branje ponovili trikrat, pred tipalo pa se je ob vsakem prehodu postavil drugačen barvni filter (rdeči, modri, zeleni). Današnji bralniki za odčitavanje barvnih predlog uporabljajo samo en prehod, za barvni razcep odbite svetlobe pa se uporablja prizma, ki to svetlobo pošlje na tri vzporedne vrste tipal CCD, od katerih je vsaka »zadolžena« za eno barvo.

Zadnjih nekaj let izdelovalci tipala CCD predvsem pri cenejših izdelkih nadomeščajo s **tipali vrste CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor)**. Ta tipala kot vir svetlobe ne uporabljajo žarnic, ampak tri vrste majhnih svetlečih diod. Nameščene so lahko zelo blizu tipal in imajo zaradi tega dosti manjšo svetilnost, zato za svoje delovanje porabijo precej manj električne energije (približno 1/5 manj) od obstoječih CCD tipal. Za delovanje tudi ne potrebujejo raznih prizem, leč in ogledal. Bralniki CMOS so zato zelo majhni in tanki, izdelava je cenovno ugodna, zaradi majhne porabe pa ne potrebujejo posebnega vira napajanja, temveč se z električno energijo napajajo kar prek vmesnika USB. Kakovost teh bralnikov kljub velikemu napredku v zadnjih letih še ne dosega boljših bralnikov s tipali CCD, lahko pa zelo uspešno tekmujejo z najcenejšimi takimi izdelki. Zaradi nekaterih omejitev vmesnika USB imajo lahko bralniki CMOS tudi težave pri napajanju.



Slika 17: Sestavljena krožna zgradba CMOS senzorja

Pri skeniranju podatkov na sliki s tipali CCD oz. tipali CMOS je precej velika razlika. Če vzamemo za primer resolucijo 3 megapiksle, potem bo CCD senzor sposoben pri skeniranju zaporedoma zaznati 3 milijone nabojev, enega za drugim ter tako, da se pretvarjanje nabojev v električni signal z novim nabojem zgodi šele preden je predhodnji naboj pretvorjen. Drugače je pri CMOS senzorjih, kjer se to zgodi z enim pretvarjanjem na piksel. Ko se izvrši pretvarjanje nabojev v signale na enem pikslu, se informacija direktno shrani brez izgube pri prenosu (manjša poraba energije). Prav tako je zmanjšana možnost za nastanek šuma.

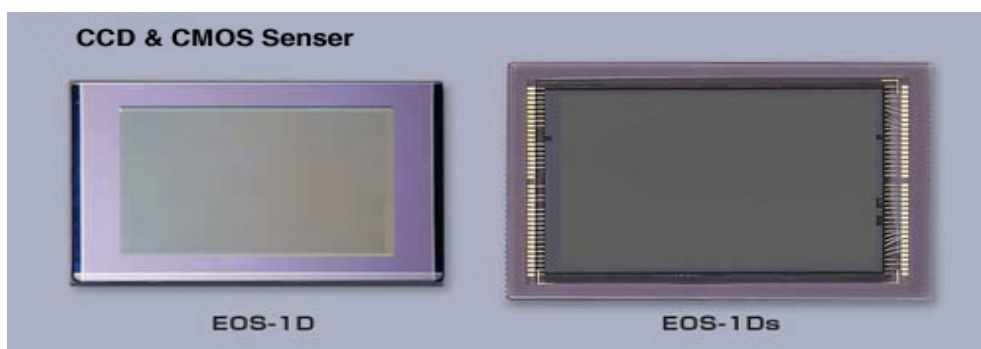
Naloga CCD in CMOS tipal je pretvarjati svetlobo v elektrone. Senzor v skenerju predstavlja 2-D polje, ki ga sestavlja na tisoče ali milijone majhnih svetlobnih celic. Vsaka od teh nato pretvarja svetlobo iz določenega dela slike v elektrone. Sledi prebiranje vrednosti vsake celice na sliki, kar omogočijo tipala. Naboj v CCD napravah se prenaša prek čipa, njegova vrednost pa se prebere v enem kotu polja. Analogno/digitalni pretvornik pretvarja vrednost vsakega posameznega piksla iz analognega v digitalni signal. CMOS naprave vsebujejo na vsakem pikslu nekaj tranzistorjev, ki ojačajo in premaknejo naboj. CMOS tipala so bolj prilagodljiva, saj je vsak piksel prebran posamezno. CCD tipala uporabljajo poseben proces, ki omogoča prenos naboja po čipu brez popačenja. Posledica so visoko kvalitetni senzori, ki omogočajo natančnost ter občutljivost prenosa. Medtem pa se za CMOS tipala uporablja enak postopek izdelave čipov kot pri mikroprocesorjih.

Zaradi samih razlik pri izdelavi obsegajo določene razlike med CCD in CMOS tipali:

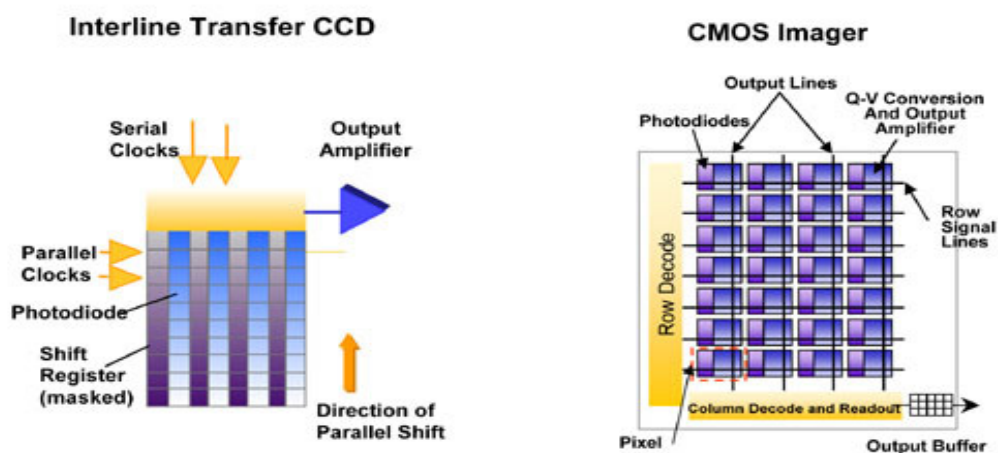
- Za CCD tipala so značilne slike z visoko kvaliteto ter nizko vsebnostjo šumov. CMOS tipala so bolj dovzetna za šume.
- Občutljivost na svetlobo je pri CMOS tipalih zaradi bližine tranzistorjev ob vsakem pikslu nižja. Tako fotoni namesto fotodiode zadanejo ob tranzistor.
- CMOS tipala ne potrošijo veliko energije
- CCD tipala porabijo 100-krat več energije od enakovrednih CMOS tipal
- CMOS tipala so zaradi cenejšega materiala ter postopka izdelave cenejša od CCD
- CCD tipala imajo daljši rok uporabe so izdelana v večjih količinah. Vsebujejo večje število pikslov ter imajo višjo kvaliteto.

Iz zgoraj naštetih razlik lahko sklepamo, da se CCD elementi uporabljajo za skenerje, katerih izdelava slik temelji na visoki kvaliteti z veliko količino pikslov ter močni občutljivostj na svetlobo. CMOS tipala so cenejša, baterija ima daljšo življenjsko dobo.

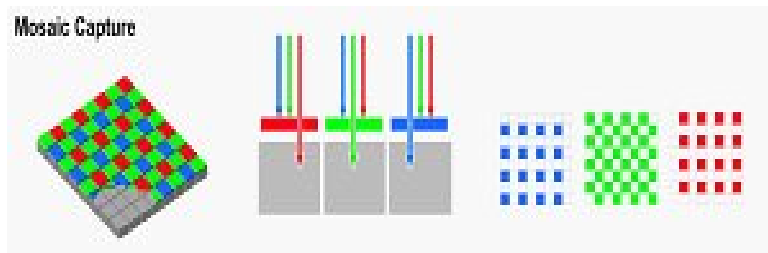
Tipala CCD	Tipala CMOS
sestavljajo svetlobno občutljivi elementi, ki svetlobo s pomočjo žarnic s hladno katodo spreminjajo v električni naboj	kot vir svetlobe ne uporabljajo žarnic, ampak tri vrste majhnih svetlečih diod
višja občutljivost na svetlobo	nižja občutljivost na svetlobo (bližina tranzistorjev)
električni naboj, ki je sorazmeren intenzivnosti svetlobe. Ničti naboj je posledica črne barve, maksimalni možni naboj pa povzroči bela svetloba. Vsak element CCDja vsebuje analogni signal –pretvorba v digitalni signal	porabijo precej manj električne energije (približno 1/5 manj) zaradi bližine diod
zaporedno pretvarjanje nabojev v električni signal se z novim nabojem zgodi šele preden je predhodnji naboj pretvorjen	ko se izvrši pretvarjanje nabojev v signale na enem pikslu, se informacija direktno shrani brez izgube pri prenosu (zmanjšana možnost za nastanek šuma)
za barvni razcep odbite svetlobe se uporablja prizma	za delovanje ne potrebujejo raznih prizem, leč in ogledal
električno napajanje	napajajo kar prek vmesnika USB
večji in širši	zelo majhni in tanki
dražji	izdelava je cenovno ugodna (cenejši material in postopek izdelave)
kakovostni, nižja vrednost шумов	kakovost še ne dosega kakovosti boljših bralnikov s CCD tipali, več шумов
večja potrošnja energije	potrošijo 100-krat manj energije



Slika 18: Tipalo CCD in CMOS



Slika 19: Prehajanje svetlobe pri tipalih tipa CCD in CMOS



Slika 20: Snemanje barvnih informacij pri CCD in CMOS tipalih

Omeniti moramo še tipala PMT. Pri bralnikih PMT se odbita svetloba razdeli na tri žarke, ki gredo skozi rdeč, zelen in moder filter. Posebne fotopomnoževalne cevi potem to informacijo pretvorijo v električni signal. Taka tipala najdemo predvsem v dragih bobenskih bralnikih, njihova poglavitna prednost pa je zelo velika občutljivost za svetlost in neobčutljivost za svetlobni šum, vendar moramo za to plačati visok davek, pa tudi hitrost zajemanja je nizka, tako da teh tipal ne bomo našli v bralnikih za rabo doma.

4.2 Tonski obseg slike (Dynamic Range) in barvna gostota (Image Density)

Pri zmogljivejših optičnih bralnikih zasledimo vrednost tonskega obsega ali D-Max (maksimalna vrednost gostote), ki določa natančnost branja temačnih delov predloge. Spodnji ekstrem vrednosti gostote pa se imenuje D-Min in ponazarja minimalno vrednost gostote.

Gostota slike se meri kot svetlost slike, in sicer z optičnimi denziometri. Več gostote pomeni manj svetlosti in obratno. Gostota je merjena na logaritmični skali »D«, ki ponazarja razpon barv, ki jih je bralnik še sposoben prebrati, in zaseda vrednosti od 0 (čista bela barva) do 4 (popolnoma črna barva), pri čemer 4 pomeni, da lahko bralnik prepozna celoten svetlobni spekter. Vrednosti 4 seveda ne dosega noben optični bralnik, saj imajo najzmogljivejši bobenski bralniki vrednosti D-Max okoli 3,8. Pri ploskih bralnikih je D-Max še manjši, dosega pa vrednosti od 2,5 pri najcenejših (24-bitna barvna globina) do 3,4 (36-bitna barvna globina) pri dražjih modelih.

Seveda vsi skenerji si niso enaki, zato je mogoče, da bodo imeli nekateri večji dinamični razpon kot drugi, ker imajo manj šuma.

Npr. če pri skeniranju dobimo "D-Min" 0.1 in "D-Max" 3.2, je dinamični razpon 3.1. Večji dinamični razpon lahko pokaže temne detajle na sliki bolj nazorno.

Skenirana slika iz revije ima navadno dinamični razpon manjši od 2.0, barvno skenirana slika ima lahko vrednost okoli 2.0, negativni pri filmu pa dosežejo vrednost do 2.8.

Gostota ali D (ang. Density) je vrednost, ki pove kolikšen del svetlobe, ki se odbije od motiva ali gre skozi njega, lahko pri zajemanju uporabimo. Gostota je logaritemska vrednost razmerja med vpadno svetlobo in izhodno količino svetlobe ($D = \log(I_0/I)$). Vsako povečanje vrednosti D za 0,3 pomeni enkrat temnejšo površino.

Gostota je lahko odbojna oz. reflektivna (odbija od papirja) ali prosojna oz. transparentna (prepuščena skozi film).

Razlika med D-Max in D-Min (ΔD) oz. kontrastni razpon ni nikoli manjši od največje gostote, kajti najmanjša gostota ni nikoli 0, ne na papirjih, kjer se pri najboljših refleksijskih

giblje nekaj čez 80% in ne pri prosojnih materialih, kjer je najmanjša gostota od 0,1 do 0,3 ali še več pri slabih negativih ali barvnih filmih.

D-Max črno-belega negativnega filma seže do $D\text{-Max} = 1,7$, pri barvnih negativih do 2,4, pri barvnih diapozitivih pa med $D\text{-Max} = 2,8$ in 3,3, pri naketerih filmih je D-Max tudi celo 3,6.

Večja kot je gostota, manj svetlobe iz izvora pride skozi predlogo. Pri $D\text{-Max} = 1$ pride skozi predlogo desetina svetlobnega toka, pri $D\text{-Max} = 2$ stotina, pri $D\text{-Max} = 3$ pa le tisočina svetlobe, ki jo oddaja svetilni del optičnega bralnika. V primeru, da je količina svetlobe prenizka, jo lahko preglasi šum sistema optičnega bralnika.

Za kakovost optičnega čitalca so odločilne njegove osvetljevalne enote, način odčitavanja podatkov, kakovost njegovega optičnega dela, ki skrbi za koncentracijo svetlobe na širino linearnega CCD-senzorja ter nenazadnje tudi kakovost same konstrukcije optičnega čitalca.

Čeprav imajo senzorji zelo visoko vrednost D-Max, imajo lahko zato v bralnikih precej slabe rezultate, kajti nivo šuma brez težav preglasi odčitavanja nizkih vrednosti v optično zelo gostih površinah. Za zajem in zaznavanje svetlobnega toka, ki prehaja skozi zelo temne površine, trenutno tehnologija tipal CMOS nima dovolj velike moči izvorov svetlobe. Tako sta za digitalizacijo prosojnih predlog uporabni le tehnologiji CCD (zahteva velike namizne optične bralnike) in PMT (ki je v rabi le v velikih in dragih bobenskih bralnikih).

Zakaj skeniranje z 8-biti na barvo in zakaj 16-biti na barvo?

Velikost prostora, ki je namenjen številu barvnih odtenkov, ki so na razpolago, se izraža v bitih na posamezen barvni kanal (RGB). Precej računalniških programov in izhodnih enot dela na sistemu 8-bitov/kanal (24-bitna barvna globina), kar da skupno 256 možnih barvnih odtenkov na posamezno barvo iz sistema RGB. Vendar v grafičnem oblikovanju nimamo vedno opravka s celim barvnim spektrom, velikokrat potrebujemo samo del, npr. razpon med svetlo in temno barvo, zato je bolj primerno skeniranje pri barvni globini 16-bitov/kanal.

Računalnik obdeluje fotografske datoteke s pomočjo seštevanj in množenj sosednjih pik in pri tem se najnižji biti spreminjajo, najvišji pa ne. Pretvorbo s 16 na 8-bitov/kanal naredi računalnik tako, da najnižjih 8-bitov enostavno odreže.

Zakaj je skeniranje s 36-biti boljše kot s 24-biti?

Skenerji zaznavajo intenzivnost svetlobe nanašajoč se na gostoto slike originala. Večja je gostota, manj svetlobe gre lahko skozi.

12-bitni skenerji razdelijo gostoto pri skeniranju na manjše stopnje, 4096 stopenj pri 12-bitih namesto 256 stopenj pri 8-bitih, kar pomeni bolj vidne detajle na temnih področjih.

10-bitna barvna globina lahko vsebuje 4-krat več stopenj tonov kot 8-bitna, 12-bitna pa 16-krat več stopenj tonov kot 8-bitna. Z večanjem barvne globine lahko razširimo razpon pri temnih področjih, predpostavljajoč, da CCD pri skeniranju opravi ta del.

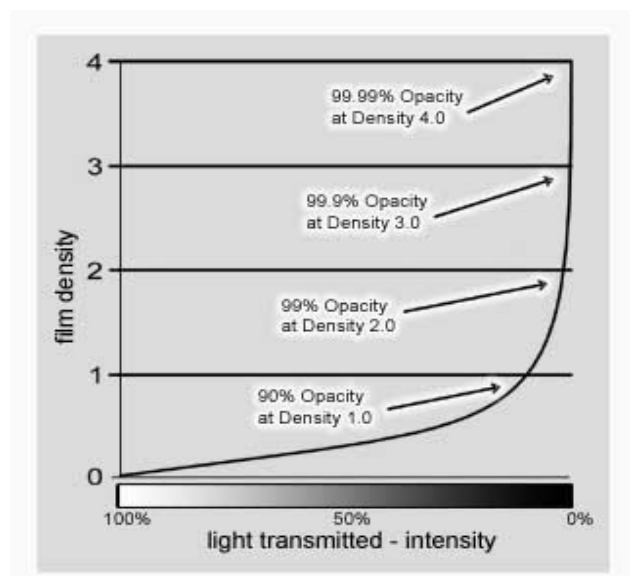
Človeško oko se lahko logaritmčno odziva na svetlost, torej zato merimo gostoto logaritmčno. Analogne CCD celice pri skeniranju operirajo bolj linearno kot naše oko, toda intenziteta odbite ali prenešene svetlobe na sliki je precej proporcionalna logaritmčni gostoti slike.

Človeško oko se logaritmčno odziva na svetlost, zato merimo gostoto logaritmčno. Analogne CCD celice pri skeniranju operirajo bolj linearno kot naše oko, toda intenziteta odbite ali prenešene svetlobe na sliki je precej sorazmerna logaritmčni gostoti slike.

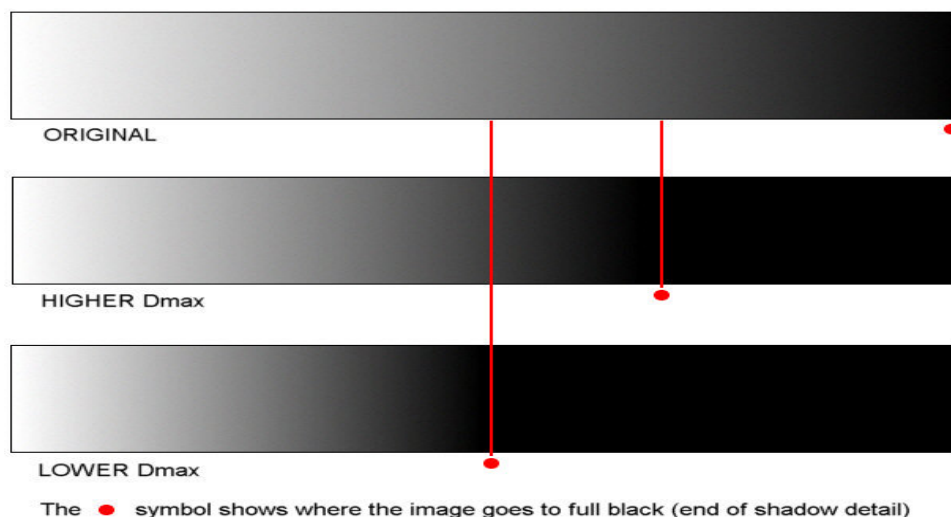
Diagram prikazuje nelinearno rešitev zgornjega problema. Na abscisni osi je nanešena intenzivnost na sliki od leve proti desni oz. od svetlih do temnih tonov, ordinatna os pa predstavlja gostoto slike. Pri svetlih tonih je opazen skoraj horizontalen potek krivulje, kar pomeni skoraj nič ali zelo majhno spremembo gostote slike.

Nasproten efekt je pri črnih odtenkih, kjer so za zelo majhne spremembe intenzitete potrebne zelo velike spremembe gostote, kar povzroča izgubo podatkov na koncu črnih odtenkov.

Vrednost gostote 3.0 je 10-krat večja od vrednosti 2.0. Vrednost 4.0 teoretično sicer ni maksimum, praktično pa je maksimalna vrednost gostote, ker ničesar ne moremo skenirati tako, da bi dosegli gostoto 4.0.



Slika 21: Diagram odvisnosti gostote slike od intenzivnosti svetlobe



Slika 22: Slika prikazuje prikazuje skalo, ki prehaja od bele do črne barve. Spodnji sliki ponazarjata, razliko pri skeniranju ene slike z dvema skenerjema. Pri tem ima prva slika visok tonski obseg ter visoko vrednost dinamičnega razpona (D-Max), spodnja slika pa nižji tonski obseg in D-Max. V nobeni od slik ni zajetih vseh detajlov, ki so prisotni v originalu, vendar skener z višjim tonskim obsegom in dinamičnim razponom registrira več podrobnosti.

5 Zaključek

Z raziskovanjem delovanja optičnega čitalca in vpliva barvne globine na kakovost slike sva izvedeli veliko novega in končno tudi uporabnega. Kot že rečeno, je faktorjev, ki vplivajo na kakovost skeniranih slik, veliko. Predvsem so to karakteristike optičnega čitalca – osvetljevalne enote, način odčitavanja podatkov, kakovost njegovega optičnega dela, ki skrbi za koncentracijo svetlobe na širino linearnega CCD senzorja ter nenazadnje tudi kakovost same konstrukcije optičnega čitalca. Z vsemi karakteristikami so povezane ločljivost, barvna globina in dinamični razpon ter z njim povezana barvna gostota oz. gostota slike (*Image Density*). K vrednosti dinamičnega razpona prispevajo določeni faktorji: lastnosti senzorjev, njihova bitna globina in sposobnost pretvarjanja zaznanih informacij v digitalne podatke. Dobra primerjava kvalitete senzorjev je npr., kako visoko dovršen skener zazna in posname razliko med dvema zelo podobnima sosednjima tonoma in jih zapiše kot dva različna ter kako tega ni sposoben slabše kakovosten skener, ki ta dva tona zapiše kot samo enega. Taki skenerji zmanjšanje celotni tonski razpon ter spremenijo kontrast.

Čeprav imajo senzorji lahko zelo visoko vrednost D-Max, imajo lahko zato v bralnikih precej slabe rezultate, kajti nivo šuma brez težav preglasi odčitavanja nizkih vrednosti v optično zelo gostih površinah. Za zajem in zaznavanje svetlobnega toka, ki prehaja skozi zelo temne površine, trenutno tehnologija tipal CMOS nima dovolj velike moči izvorov svetlobe. Tako sta za digitalizacijo prosojnih predlog uporabni le tehnologiji CCD (zahteva velike namizne optične bralnike) in PMT (ki je v rabi le v velikih in dragih bobenskih bralnikih).

6 Literatura:

- ◆ KNJIŽNO GRADIVO in REVIJE:
 - Brand Fortner, Theodore E. Meyer: NUMBER BY COLORS, A Guide To Using Color to Understand Technical Data, Springer-Verlag, New York, 1997;
 - Robert W. Burnham, Randall M. Hanes, C. James Bartleson: COLOR: a guide to basics facts and concepts, John Wiley & Sons, New York, 1963;
 - Vera Golob: BARVNA METRIKA, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor, 2001;
 - F. W. Sears: OPTICS, Addison-Wesley publishing company, Cambridge, 1956;
 - Marta Klanjšek Gunde: INTERDISCIPLINARNOST BARV, Društvo koloristov Slovenije, Maribor, 2001;
 - Revija Monitor, Oktober 2003
 - Revija Moj mikro, Letnik 2, št. 19 in 20
- ◆ SPLET:
 - <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging/concepts/scanningformats.html>
 - <http://www.computeruser.com/articles/2006.2.1.1.0601.01.html>
 - http://www.graphics.tech.uh.edu/Image%20II/Screen_Desktop_Brochure.pdf
 - <http://www.prepress.pps.com/TechReports/scanners.html#scanworks>
 - http://users1.ee.net/towslee/vol16_2
 - http://www.compu-trade.ch/Scanner/pdf/scanning_e.pdf
 - <http://irisworks.netfirms.com/48-bit-image-editing.html>
 - http://www.dtp-aus.com/hi_flat.htm
 - http://www.krcs.co.uk/KRCS_DecScan3.pdf
 - http://www.compareindia.com/tips/All_you_need_to_know_about_scanners.htm
 - <http://www.freeaccess.com.au/PDFS/19scanners.pdf>
 - <http://www.horshamps.vic.edu.au/scanner.pdf>
 - <http://www.strathfield.com/glossary>
 - <http://www.scantips.com/>
 - <http://www.guides.sk/scantips2/basics14.html>
 - <http://www.bytesmiths.com/Services/scanning.html>
 - <http://www.organiclightphoto.com/techniques/showtech.asp?num=6>
 - <http://www.colorfolio.com/infobase/ScanningPDF.pdf>
 - <http://www.infopeople.org/training/past/2003/scanning/Scanning.ppt>
 - <http://core.ecu.edu/vel/itc/tutorials/scanning.htm>
 - http://www.ee.bgu.ac.il/~Orly_lab/publications/TED_brief_fin_review_last_Igor.pdf
 - <http://www.canon.com/technology/detail/device/cmos/>
 - <http://www-bsac.eecs.berkeley.edu/~warneke/pubs/spie95.pdf>
 - http://www.eee.metu.edu.tr/~tayfuna/papers/akin_c19_eurosensors00_vis.pdf
 - <http://www.hhp.uk.com/dynamic/brochures/10%20Gd%20reasons%20Eng.pdf>
 - <http://www.ptechguide.com/18scanners.htm>
 - <http://ucilnica.fgg.uni-lj.si/sola/Geo-SR/Turk%204%20-%20Rac-Graf.pdf>

- <http://library.wustl.edu/~listmgr/imagelib/Nov2000/0009.html>
- http://www.workpermit.com/us/green_card_lottery/image_scanning_faq.htm
- <http://www.soton.ac.uk/~connect/v9i2/how2scan.htm>
- <http://h40059.www4.hp.com/newsletter/smb/1002b.html>
- <http://www.geog.ox.ac.uk/faq/resolution/>
- <http://tutorials.beginners.co.uk/read/id/274>
- <http://support.umax.co.uk/technotes/f098B.htm>
- <http://www.ryerson.ca/mps024/notes/scanning.html>
- http://www.aifweb.com/2d_graphics/resolution.html
- <http://www.kcl.ac.uk/humanities/cch/ay1003/imaging/guidelines.htm>
- <http://optlab.ijs.si/idrevensek/semlt1.pdf>
- <http://www.gbbc.org.uk/crh/bitandfile.htm>
- <http://www.epi-centre.com/index.html> & <http://www.archives.ie/scan.htm>
- <http://heds.herts.ac.uk/resources/matrix.html>
- <http://luminous-landscape.com/tutorials/bit-depth.shtml>