

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

NINA ZAGIĆ

UTJECAJ GCR METODE NA KVALITETU
ISPISA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

NINA ZAGIĆ

UTJECAJ GCR METODE NA KVALITETU
ISPISA

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Dr.sc. Diana Milčić

Student:

Nina Zagić

Zagreb, 2015.

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

SAŽETAK

U ovom radu obrađuje se utjecaj Gray Component Replacement (GCR) metode na kvalitetu ispisa. Miješanjem CMY boja prilikom otiskivanja ili ispisa ne dobivamo idealnu crnu boju, već tamnosmeđu. Zbog toga se u procesima otiskivanja i ispisa kao četvrta boja dodaje crna boja. Ta mana suptraktivne sinteze, odnosno prisustvo četvrte K boje otvara mogućnost da se miješana „crna“ zamjeni u određenom postotku s čistom crnom. Dakle, riječ je o metodi koja zamjenjuje određeni udio CMY s određenim udjelom crne boje (K) kako bi se stvorio točan doživljaj boje s manje šarenog bojila. Pri tome se javljaju određeni problemi koji su objašnjeni u radu. U eksperimentalnom dijelu rada opisano je provedeno istraživanje koje je za cilj imalo utvrditi utjecaj primjene GCR metode na kvalitetu ispisa te udjele zamjene kromatskih komponenti akromatskom koji daju prihvatljive rezultate u promatranom procesu. Postavljaju se hipoteze da je kolorimetrijska odstupanja boja prije i poslije primijenjenog GCR-a moguće smanjiti upotrebom točnog modela na domeni kolorimetrijskih gustoća što posljedično dovodi i do smanjenja šuma na reproduciranim slikama.

KLJUČNE RIJEČI:

- GCR
- UCR
- Jednadžbe maskiranja
- Denzitometrija

ABSTRACT

This master's thesis analyzes the influence of Gray Component Replacement (GCR) method on print quality. By mixing equal amounts of CMY inks colors in printing or prints do not result with ideal black color, but dark brown. Therefore, in the printing process the fourth, black ink is added. This flaw of the subtractive synthesis, and the presence of fourth K ink opens up the possibility of replacing a certain percentage of mixed „black“ with pure black . So, it is a method that replaces a certain share of CMY with some portion of black (K) to create the exact experience of color with smaller amount of colorful inks. There are some particular problems in this process which are explained in the thesis. The experimental part of this thesis describes the conducted research which aimed to determine the impact of GCR method on print quality and the proportion of GCR replacement yielding acceptable results in the observed process. The hypotheses that the colorimetric color deviations between samples before and after applied GCR can be reduced by the use of accurate models in the colorimetric density domain which consequently leads to noise reduction in reproduced images.

KEYWORDS:

- **GCR**
- **UCR**
- **Colorimetry**
- **Densitometry**

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKI DIO	2
2.1. Boja i njene karakteristike	2
2.1.2 Principi miješanja boja	2
2.1.3. Standardi u reprodukciji	4
3. GCR i UCR metoda	5
3.1. Karakteristike GCR metode	9
3.1.2. Primjena GCR metode	10
3.1.3. Prednosti korištenja GCR metode	12
3.2. Karakteristike UCR metode	15
3.2.1. Prednosti UCR metode	15
3.4. Uloga boje papira i greške prilikom primjene GCR i UCR metode	16
3.5. Pregled dosadašnji pristupa GCR metodi i njihova istraživanja	18
4. Denzitometrija	20
4.1. Denzitometar	20
4.2. Primjena denzitometrije u grafičkoj tehnologiji	22
5. Jednadžbe maskiranja	23
5.1. Beer-Lambert-Bouguer-ov zakon	23
5.2. Proporcionalnost	24
5.3. Aditivnost	25
5.4. Jednadžbe Maskiranja	26
5.4.1. Primjena jednadžbi maskiranja	28
6. EKSPERIMENTALNI DIO	30
6.1. Utjecaj GCR metode na kvalitetu ispisa	30
6.2. Metodologija	30
7. REZULTATI I RASPRAVA	34
8. ZAKLJUČAK	48
9. LITERATURA	49

1.UVOD

Ekonomičnost je jedan od glavnih stupova svake djelatnosti, pa tako i u grafičkoj industriji. Kako bi se dobila što kvalitetnija reprodukcija boja na ispisu, potrebno je koristiti kvalitetne tiskarske boje. Međutim, kvaliteta je u ovom slučaju uvjetovana cijenom, a izgled grafičkog proizvoda je presudna stvar u prodaji. Problem kvalitetne reprodukcije boja seže još u prošlost te mu se sve veća pažnja posvećuje razvojem kolorimetrije. Pojavom novih medija i sve većim razvojem digitalnih tehnologija te potreba za što točnijim prikazom boja, bez obzira na različite medije, rezultiralo je razvoja novih metoda za upravljanje bojama.

Jedna od metoda koja nam omogućava uštedu tiskarskih boja, a može dati jednako kvalitetan ili čak kvalitetniji ispis jest GCR metoda. U teorijskom dijelu rada će biti objašnjen pojam boje i njenog miješanja, standardi u reprodukciji, GCR i UCR metode, njihov značaj i primjena u grafičkoj industriji.

U ovom radu će biti definirane metode UCR i GCR, principi prema kojim se oni koriste, njihove prednosti i mane. Objasnit će se denzitometrija te njen značaj za prikazanu metodu. Također, objasnit će se jednadžbe maskiranja, na kojim zakonima se one temelje, što točno koristimo kod njih te kako su primijenjene na ovu tematiku.

U eksperimentalnom dijelu ovog rada ispitan je utjecaj GCR metode na kvalitetu ispisa. Primjenom GCR metode na ispitni skup podataka te na slike dobivene su nove, transformirane vrijednosti. Utvrđen je utjecaj GCR metode na potrošnju boja te na kolorimetrijsku razliku prije i poslije primjene metode.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Boja i njene karakteristike

Boja se definira kao psihofizički doživljaj svakog pojedinca, promatrača. Fizički se mogu mjeriti samo neke veličine koje dovode do tog podražaja koji mozak interpretira kao boju. Postoji više vanjskih čimbenika o kojima ovisi doživljaj boje, a oni su: svjetlo i njegova količina, predmet na koji pada to svjetlo, te sustav za vid promatrača (oko i mozak kod čovjeka ili optički senzor ako se radi o uređaju). Istu boju u jednakim uvjetima osvjetljenja dva promatrača mogu različito doživjeti.

Karakteristike boja se dijele u dvije skupine:

- Psihofizičke karakteristike
- Fizikalne karakteristike

Psihofizičke karakteristike su: ton, zasićenje i svjetlina. One nam služe za određivanje boje sa stajališta promatrača.

Fizikalne karakteristike dobivamo mjerenjem različitim uređajima te ne ovise o promatraču, a one su: dominantna valna duljina, čistoća pobude i luminacija. [1]

2.1.2 Principi miješanja boja

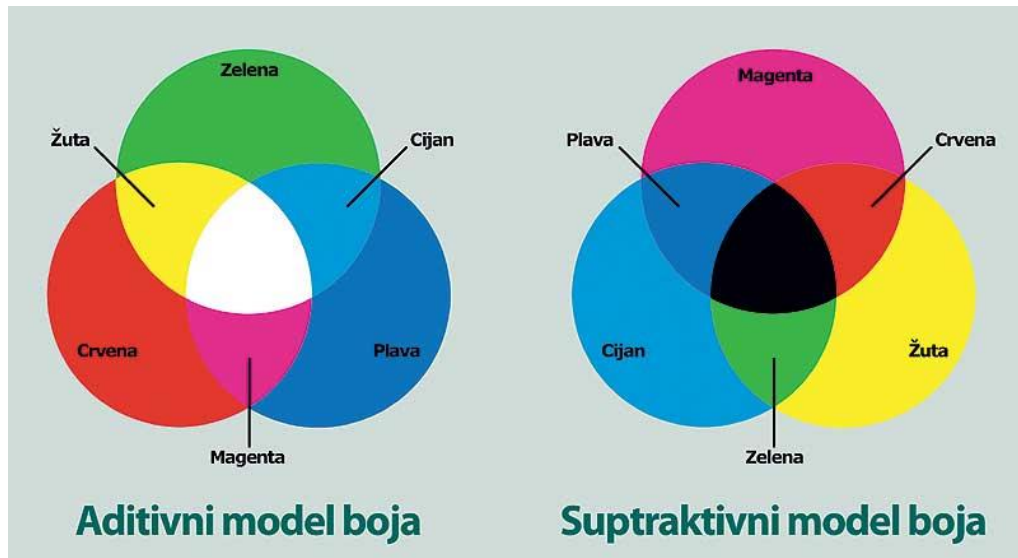
Postoje dva osnovna miješanja boja, a to su:

- Aditivna sinteza
- Suptraktivna sinteza

Obje sinteze se temelje na trikromatskom principu reprodukcije boja, a razlika je u načinu na koji se one izvode.

Aditivna sinteza se zasniva na zbrajanju snopova svjetla određenih valnih duljina. Točnije, radi se o crvenom, zelenom i plavom snopu. Oni daju u aditivnoj sintezi bijelu

boju, dok u različitim omjerima mogu stvarati širok raspon različitih boja. Koristi se kod monitora u boji i u digitalnoj fotografiji.



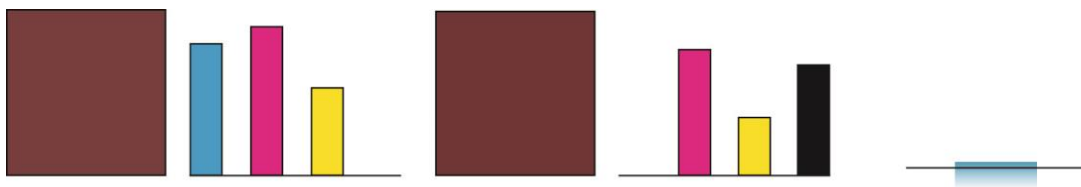
*Slika 1. Prikaz aditivnog i suptraktivnog modela boja
Izvor: <http://www.sk.rs/2007/11/skse01.html>*

S druge strane, suptraktivna sinteza se zasniva na apsorpciji, odnosno oduzimanju određenih valnih duljina od bijele svjetlosti, uz pomoć filtera. Zelenoplavim oduzimamo crveni dio spektra, purpurnim oduzimamo zeleni te žutim plavi dio spektra. Pomoću različitih stupnjeva apsorpcije određenih valnih duljina stvara se široki spektar boja.

Ako se koriste sva tri filtera, oduzima se potpuni spektar vidljivog svjetla i dobiva se crna boja. Ova vrsta sinteze se koristi u fotografiji u boji i tisku. Zbog neželjenih apsorpcija C, M i Y boja, pri njihovom miješanju umjesto crne boje dobivamo tamnosmeđu boju. Zbog toga se u tisku javlja potreba korištenja četvrte, crne boje. [1]

2.1.3.. Standardi u reprodukciji

Zbog toga što se ista digitalna CMYK slika može reproducirati različito na različitim papirnim podlogama, grafička priprema pokušava kompenzirati te varijacije na najbolji mogući način. U sustavu upravljanja bojom, profil datog reprodukcijuskog procesa sam određuje sve parametre separacije. Odnos crne boje prema ostale tri boje: zelenoplavo, purpurnoj i žutoj, igra odlučujuću ulogu. Isti ton može se reproducirati s različitim CMYK vrijednostima na različitom papiru. Budući da zelenoplava, purpurna i žuta u određenim omjerima tvore neutralne tonove, one mogu biti u miješanim bojama zamijenjene s crnom bojom do određene granice. Pri toj zamjeni se smanjuje ukupan nanos bojila na podlogu.



Slika 2. Primjer tona sa različitim omjerima boja na nepremazanom papiru.

Izvor: Izvor: Homann, J-P. (2009). *Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production*

Na slici 2 prikazan je isti ton postignut s različitim omjerima bojila. Lijevo imamo smeđu boju koja se sastoji od 80% zelenoplave, 90% purpurne i 60% žute, što daje ukupan nanos bojila od 230%. S desne strane imamo jednaku smeđu boju koja se sastoji od 77% purpurne, 47% žute i 62% crne, što daje ukupan nanos bojila od 186%. Ovaj proces je idealan za tisak novina i nepremazane papire, budući da nepremazani papiri dobro upijaju bojilo. Ukupan nanos bojila bi trebao biti što je moguće niži.



Slika 3. Crna boja sa različitim omjerima bojila, premazani papir

Izvor: Homann, J-P. (2009). *Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production*

Slika 3 prikazuje crne boju dobivenu različitim omjerima bojila. Lijevo imamo čistu crnu boju s ukupnim nanosom bojila 100%, a desno imamo crnu boju koja se sastoji od 47% zelenoplave, 33% purpurne, 33% žute i 100% crne, čime je ukupan nanos bojila 213%. . Samim time, ovaj proces se koristi na premazanim papirima koji teško upijaju bojilo i tako dozvoljavaju veći ukupan nanos bojila. Na njima se stvara sloj bojila. Kako bi se postigao maksimalni kontrast, koristi se veliki ukupni nanos bojila. [2]

3. GCR i UCR metoda

U prethodnim poglavljima spomenuto je da postoji više načina da se miješanjem udjela CMY i crne dobije isti doživljaj boje. Recimo, neutralna siva boja se može dobiti nekom kombinacijom CMY boja, također ta ista siva boja se može dobiti i dodavanjem crne boje u kombinaciju CMY boja. Rijetko kada se samo crna boja koristi za tisak bilo čega osim čiste crne boje kao što je tekst ili neke tamne sjene. Tu dolazimo do procesa u separaciji koji su poznati kao UCR (Under Color Removal) i GCR (Grey Component Replacement). Njih koristimo za kontrolu udjela CMY boja i crne boje u određenim dijelovima motiva. [2].

Da bismo bolje razumjeli ove metode, bitno je objasniti nekoliko pojmova koji će nam olakšati razumijevanje ove materije.

- TAC

TAC (eng. Total Area Coverage) predstavlja englesku kraticu koju na hrvatskom jeziku nazivamo ukupnim nanosom bojila. TAC nam precizira koliko se bojila koristi u tisku. Područje pokrivenosti svake boje se zbraja u najtamnijim dijelovima motiva. Ako koristimo sve četiri boje i svaku otiskujemo na 100%, ukupan nanos bojila ili TAC nam iznosi 400%, naime u nekim procesima poput novinskog tiska nije moguće koristiti toliku količinu bojila zbog rotacije i sporog sušenja te debelog nanosa koji se lako otire. Stoga TAC za novinski tisak ne bi smio biti veći od 240%.

- Generiranje crne (eng. Black Generation) i njegov osnovni koncept

Generiranje crne je metoda izračuna separacije crne boje iz CIE LAB ili RGB slika prilikom pretvorbe u CMYK. Dugo vremena ova metoda je bila strogo čuvana tajna, međutim danas kada postoje standardni programi poput PhotoShopa-a te drugi alati za upravljanje bojama, metoda je dostupna svima. No, ti alati i programi često nude različite mogućnosti i funkcije te koriste različite nazive za slične procese, što dovodi do toga da neke stavke nisu dostupne u svim programima. Ovdje ćemo navesti neke od nama važnih pojmova:

- Duga i kratka crna

Duljina crne boje upućuje u kojim su područjima svjetline na slici boje CMY zamijenjene ili dopunjene s crnom bojom. Kratka crna boja djeluje samo na tamne dijelove slike, dok se reprodukcija svih tonova proteže duž cijele osi svjetline.



Slika 4. Duga i kratka crna Izvor: Homann, J-P. (2009). *Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production*

Slika 4 gornji red prikazuje dugu crnu, a donji kratku crnu boju. U sredini se nalaze kromatske boje, desno crna, a lijevo kombinacija kromatskih boja i crne boje.

- Široka i uska crna

Širina crne opisuje do kojeg stupnja crna boja zamjenjuje zelenoplavu, purpurnu i žutu u zasićenim dijelovima. Uska crna boja zamjenjuje samo CMY boje u neutralnim dijelovima. Široka crna boja utječe i na zasićene dijelove. Široka crna boja nam omogućuje maksimalno smanjenje ukupnog nanosa bojila. No, tada postoji opasnost da dominantni ton izgubi zasićenost, odnosno da nam boja postane „sivkasta“ što može biti negativan efekt.



Slika 5 . Široka i uska crna Izvor: *Homann, J-P. (2009). Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production*

Na slici 5., gornji red prikazuje usku crnu a donji široku crnu. Desno imamo separaciju crne, u sredini kromatske boje, a lijevo kombinaciju kromatskih i crne boje.

U praksi većina repro stručnjaka preferira koristiti dugu i usku crnu boju, budući da u reprodukciji i tisku to donosi određene prednosti, kao što su:

- Postojan balans sive boje u tisku – čak i ako CMY boje malo variraju u otisku, neutralni tonovi ostaju postojani s dugom crnom bojom jer se uglavnom sastoje od crne boje

- Izostanak „sivila“ u tonovima kože
- Mogućnost primjene na sve klase papira



Slika 6. UCR i UCA Izvor: Homann, J-P. (2009). *Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production*

Na slici 6 gornji red prikazuje dugu, široku crnu boju. U zasićenim tonovima crna boja zamjenjuje udio CMY boja. Budući da se crna u redosljedu tiskanja, tiska prije CMY boja, ovakav tip primjene generiranja crne naziva se metoda akromatske zamjene ili GCR (Gray Component Replacement). Donji red prikazuje kratku, usku crnu boju koja utječe samo na dijelove sa sjenama i ovaj proces nazivamo UCA (Under Color Addition).

U programima za kontrolu generiranja crne postoje dijagrami koji pokazuju os sive boje s crnom u odnosu na CMY boje. Slike 8 i 9 prikazuju različite sive osi: gornja traka prikazuje kombinirani ispis svih boja (CMYK), srednja prikazuje ispis samo crne boje, a donja traka prikazuje ispis kromatskih (CMY) boja. Nadalje, dijagrami prikazuju na apscisi rastertonske vrijednosti, a na ordinati novo pripisane rastertonske vrijednosti.



Slika 7. Crna koja raste duž cijele sive osi Izvor: Homann, J-P. (2009). *Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production, Springer, Berlin*

Slika 7 prikazuje crnu boju koja raste duž cijele sive osi. Iz dijagrama se može iščitati kao strma, rastuća krivulja za crnu boju. Krivulje za CMY boje imaju blaže nagibe. Optičke gustoće na CMY traci su očito niže u kombiniranom ispisu nego u separaciji crne boje.

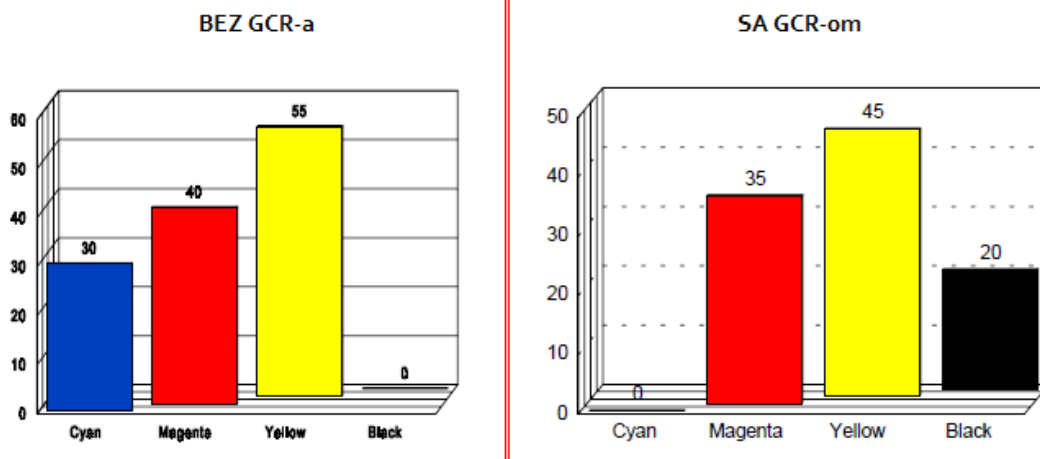


Slika 8. Postepeni rast crne Izvor: Homann, J-P. (2009). Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production

Slika 8 prikazuje crnu boju koja postepeno raste, dok CMY vrijednosti rastu puno brže. Samim time traka s CMY separacijama je tamnija u svijetlim i srednjim tonovima od separacije crne boje. [2]

3.1. Karakteristike GCR metode

Teorija koja stoji iza GCR metode je da kad god su prisutne određene količine svih triju procesnih boja u jednoj boji, prisutna je i siva komponenta u toj boji. Što znači, ako neki udio kromatskih CMY boja koji ovisi o iznosu najmanje kromatske min (CMY) mijenjamo akromatskom K, dobit ćemo neutralni sivi ton. Slika 9 prikazuje dobivanje smeđe boje korištenjem 30% zelenoplave, 40% purpurne i 55% žute. Primjenom GCR metode, slična boja bi se mogla proizvesti uklanjanjem zelenoplave i tiskanjem 35% purpurne, 45% žute i 20% crne boje. Time zaključujemo da bi korištenjem procesnih boja nanos boje iznosio 125%, a korištenjem GCR-a samo 100%. [3]

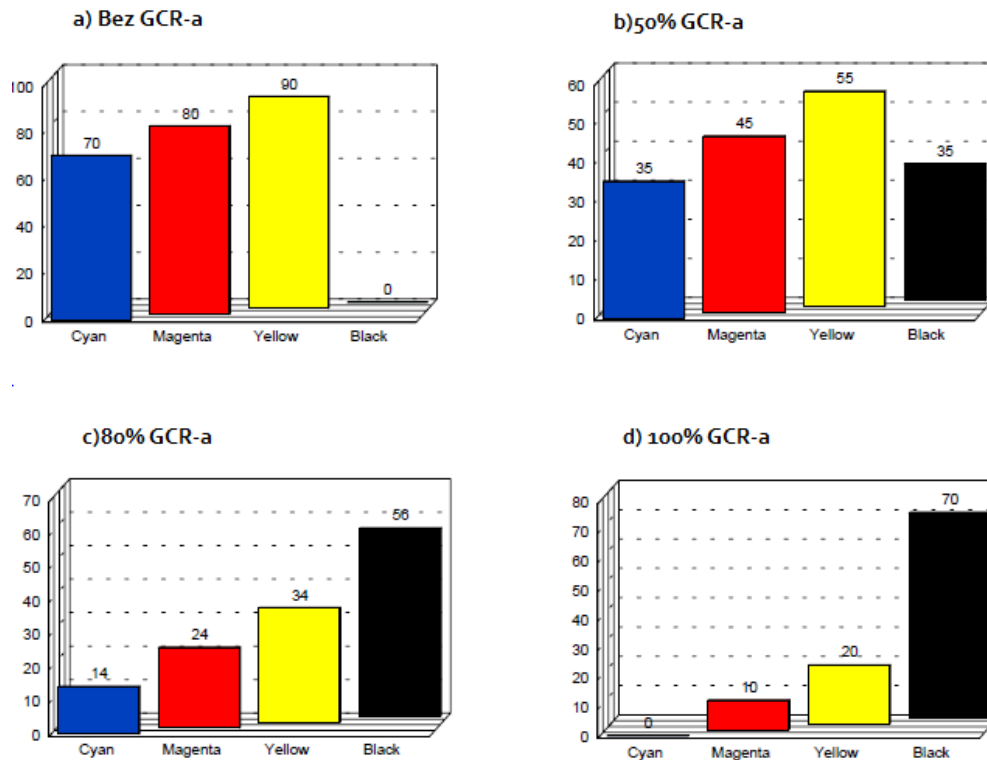


Slika 9. Prikaz iznosa nanosa boje, sa i bez korištenja GCR-a.

Izvor: <http://www.usink.com/acrobat/ucrgcr.pdf>

3.1.2. Primjena GCR metode

Uvođenjem GCR metode, UCR metode je postala manje zastupljena u separaciji boja. Da bismo bolje razumjeli zašto se to dogodilo, moramo raspraviti neke od razlika između ove dvije metode. UCR je uglavnom temeljen na uklanjanju procesnih boja s neutralnih područja na originalu i zamjenom istih s crnom bojom. Izvorno, UCR se odnosio na smanjenje udjela procesnih boja u tamnim ili neutralnim područjima otiska. Elektronički UCR radi na zadovoljavajući način sa sivom bojom ali u tim dijelovima zamijenjena boja kolorimetrijski jako odstupa od izvorne.



Slika 10. Primjeri različitih udjela GCR-a

Izvor: <http://www.usink.com/acrobat/ucrgcr.pdf>

Korištenjem GCR-a, uz funkciju uklanjanja procesnih boja s neutralnih područja otiska, također je moguće ukloniti sivu komponentu iz svih CMY boja u separaciji, od najsvjetlijih do tamnih područja i zamijeniti ih s crnom bojom. Postotak GCR se odnosi na udio zamjene tercijarne boje. Na primjer, (vidi sliku br.10) ako tercijarnu boju potpuno uklonimo, kaže se da koristimo 100% GCR-a. Ukoliko uklonimo 80% tercijarne boje, utoliko koristimo 80% GCR-a. [3]

Svrha korištenja GCR metode je smanjenje ukupnog nanosa bojila bez mijenjanja izgleda početne boje. To nam omogućuje lakše postizanje sivog balansa i bolju kvalitetu otiska. Primjena GCR-a također rezultira manjim razmazivanjem tijekom tiska, budući da je ukupni nanos bojila smanjen. Kada zamjenjujemo druge boje crnom, tamni tonovi reproduciranih slika mogu izgledati blijedo. Kako bi izbjegli blijed izgled, može se dodati malo boje na tamnije tonove. Taj postupak se naziva UCA (Under color addition). Ovo podešavanje se obično koristi rijetko jer previše boje u tamnijim

područjima može imati učinak suprotan željenom, otežavajući postizanje neutralne crne boje prilikom otiskivanja. [4]

3.1.3. Prednosti korištenja GCR metode

Prednosti GCR metode:

- Smanjena potrošnja boje.
- Prirast rastertonske vrijednosti je općenito manje izražen zbog manjeg ukupnog nanosa boje.
- Vrijeme sušenja je smanjeno.
- Problemi s registrom su smanjeni zbog dominacije crne boje koja pokriva većinu obrisa.
- Problemi s prihvaćanjem bojila su svedeni na minimum jer je ukupna količina CMYK boja manja. [3]

Programi za separaciju uglavnom imaju unaprijed određene postavke za veći ili manji stupanj GCR-a. Veći GCR rezultira dugom i širokom crnom bojom. S većim GCR-om mogu se postići najveća moguća smanjenja bojila u tisku. Radi toga je ova kombinacija pogodna za nepremazane papire, pogotovo u novinskom tisku. Međutim, veći GCR može voditi do „sivila“ u reprodukciji tonova kože ako pisač ili tiskarski stroj koristi više crne boje nego li je predviđeno separacijom u programu. Manji GCR rezultira kratkom i uskom crnom bojom. [2]

Različite postavke GCR-a mogu biti složene u grupe profila i korištene ovisno o sadržaju motiva. Stupanj GCR-a se obično označava kao slabiji (*light*), srednji (*medium*), jaki (*heavy*), maksimalni (*maximum*) ili ga nema (*none*). Ovisno o tome koju postavku odaberemo, osim toga gdje počinje, definiran je i udio minimalne komponente koji mijenjamo. Jači GCR mijenja veći udio CMY-a. [5]



Slika 11. Primjer jakog i laganog GCR-a Izvor: Rodney, A. (2005). Color Management for Photographers Hands on Techniques for Photoshop Users

Slika 11., prikazuje dvije separacije napravljene sa manjim GCR-om (gore) i većim GCR-om (dolje). Lijevo se nalazi separacija crne boje, a desno CMY separacije. [5]



Slika 12. gornji lijevi kut orginal, gornji desni kut light GCR, donji lijevi kut midiumGCR, donji desni kut max GCR Izvor: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.i%209.predavanje%20-%20KARAKTERISTIKE%20VISEBOJNE%20REPRODUKCIJE.pdf

Iz navedenih primjera vidljiva je razlika između originala i reprodukcija s različitim stupnjem GCR-a . [6]

3.2. Karakteristike UCR metode

Teoretski, kad se tiskaju sve procesne boje, dakle zelenoplava, purpurna i žuta na jedan arak, trebalo bi doći do apsorpcije svog upadnog zračenja na svim valnim duljinama. Međutim, zbog prirode pigmenata koje se koriste, kombinacija jednake količine sve tri spomenute boje daje smeđu boju. Kao rezultat toga, crna boja se dodaje ovim trima bojama da kompenzira taj nedostatak. UCR je proces smanjenja vrijednosti zelenoplave, purpurne i žute gdje god je crna boja otisnuta. Na primjer, područja koja su stopostotno otisnuta svim četirima tiskarskim bojama, su smanjena na 70% zelenoplave, 60% purpurne, 60% žute i 70% crne. To omogućava za ukupno smanjenje pokrivenosti podloge s 400% na 260%. Ovakav primjer je ekstreman i nije nužno stvaran. Većina rasterskih otisaka nema tu razinu pokrivenosti. Premda, teorija bi se isto primjenjivala i za manje pokrivena područja, sa sličnim smanjenjem. [3]

3.2.1. Prednosti UCR metode

Prednosti korištenja UCR metode su:

- Korištenjem crne boje dobivamo bolje detalje i kontrast na fotografiji, nego što je to moguće s procesnim bojama. Crna će učiniti bijeli papir bjeljim i dodati gustoće, što će rezultirati većim kontrastom u tamnim područjima. Veći kontrast obično povećava i oštrinu slike.
- Uklanjanje procesnih boja omogućuje bolje prihvaćanje boje tijekom otiskivanja.
- Procesne boje su skuplje od crne pa zamjena triju procesnih boja s crnom bojom čini UCR metodu mnogo ekonomičnijom.
- Korištenjem UCR-a ukupni nanos boje na papir je smanjen, stoga su problemi poput sljepljivanja araka, razmazivanja te sušenja sa svježim otisnutim arkom minimizirani.

- Korištenjem manjih količina tiskarske boje arak papira je lakši pa lakše prolazi kroz cilindre stroja.
- Održavanje sivog balansa je lakše ako je udio kromatskih boja CMY manji, a akromatske K veći, posebno u tamnim područjima. [3]



Slika 13. primjer originala i UCR-a Izvor:

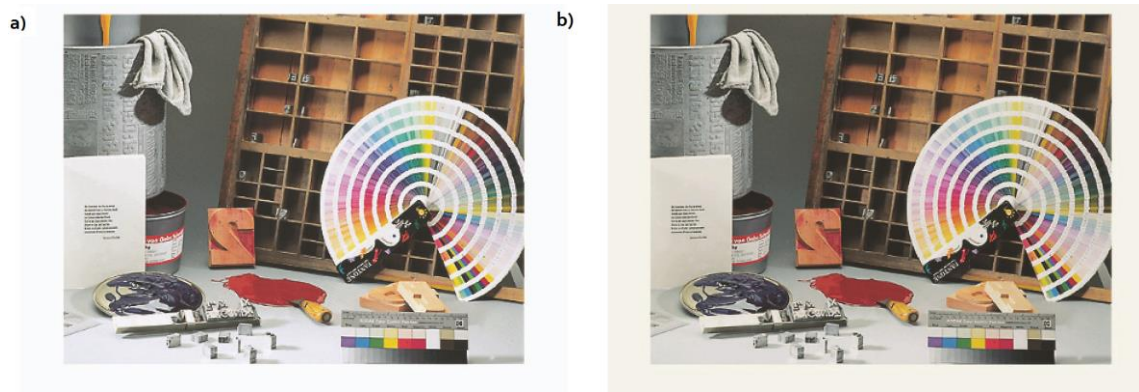
http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.i%209.predavanje%20-%20KARAKTERISTIKE%20VISEBOJNE%20REPRODUKCIJE.pdf

Iz navedenih primjera vidljiva je razlika između originala i reprodukcije sa UCR-om. [6]

3.4. Uloga boje papira i greške prilikom primjene GCR i UCR metode

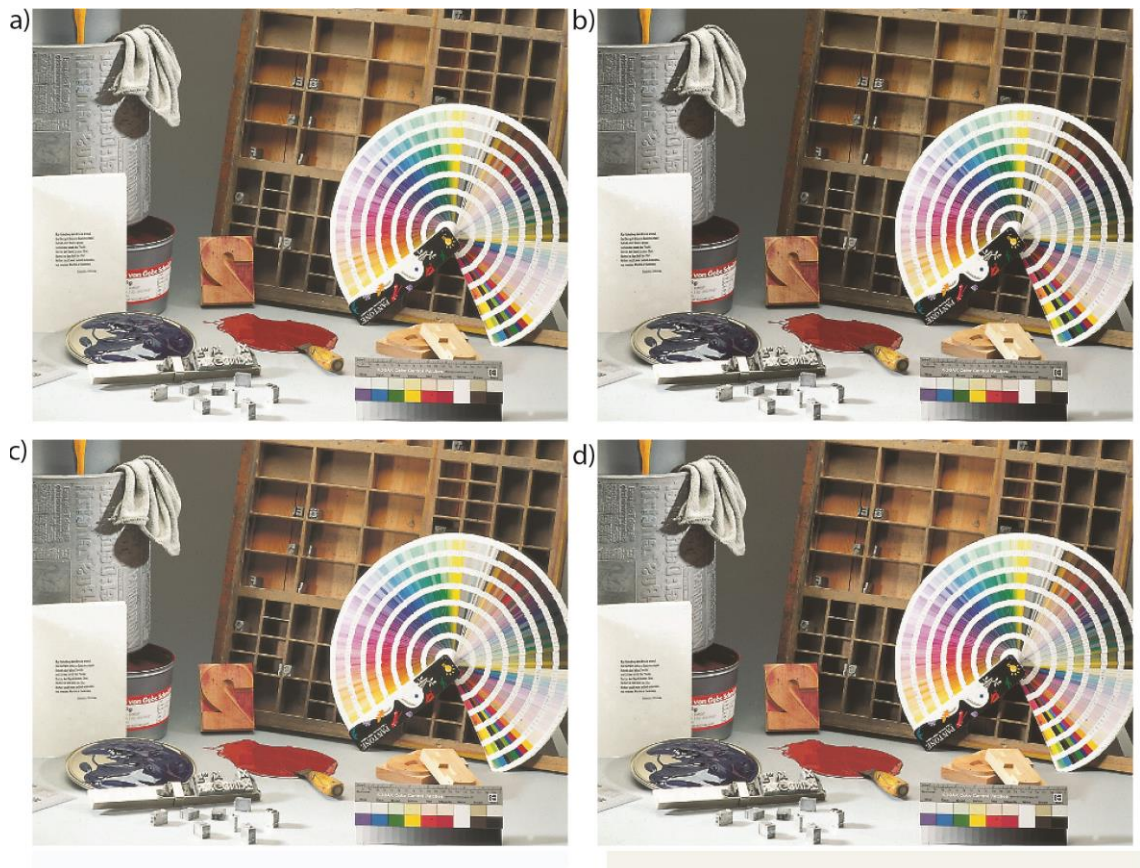
Ako se otiskuje na obojenom papiru, to dakako utječe na doživljaj boje reproducirane slike. U klasičnoj reprodukciji ton papira je morao kompenzirati iskusan stručnjak na skeneru, podešavanjem parametara procesa skeniranja. Današnji postupak izrade separacija s odgovarajućim ICC¹ profilom uvelike smanjuju vrijeme i trud uloženi na korekciju i čak štoviše, dozvoljava pregled krajnjeg rezultata za vrijeme korekcije. Pojedini profili opisuju izgled boja na pripadajućim tipovima papira.

¹ ICC (International Color Consortium)



Slika 14. Primjer RGB skena te greških koje nastaju pri njihovoj primjeni Izvor: Homann, J-P. (2009).
Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production

- Slike (a) i (b) prikazuju RGB skenove čija je separacija napravljena sa posebnim profilima za plavkasti papir (a) i jako žučkasti papir (b).



Slika 15. Primjer GCR i UCR te greških koje nastaju pri njihovoj primjeni Izvor: Homann, J-P. (2009).
Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production

- Slike(a) i (b) su dobivene s dugom, širokom crnom bojom (GCR). Na slici b je pisač koristio više crne boje nego što je predviđeno. Zbog GCR-a se sivoća boje pojavljuje kroz cijeli motiv.
- Slike (c) i (d) su dobivene s dugom, uskom crnom bojom (UCR). S previše crne boje u otisku (d), sivoća boje uzrokovana UCR-om se pojavljuje uglavnom u neutralnim tonovima.

3.5 Pregled dosadašnji pristupa GCR metodi i njihova istraživanja

GCR metoda je predmet mnogih istraživanja u posljednjih tridesetak godina. Budući da nudi rješenja poput: smanjenja nanosa boje, smanjenje prirasta rastertonske vrijednosti, manje otiranje i lakše sušenje, niz znanstvenika ispitalo je učinkovitost GCR metode na određene probleme u tisku te njene prednosti pri korištenju.

U ovom odjeljku ćemo spomenuti neke od nama zanimljivih istraživanja.

Tim znanstvenika iz Tajvana, su proveli istraživanje u kojem su primijenili GCR metodu na uredske i kućne pisače. Primijetili su da jednake probleme koje imaju proizvodni grafički strojevi, poput: velikog nanosa boje, sušenja, lijepljenja otisaka, sporog vremena otiskivanja, imaju i mali kućni pisači. Kako bi implementirali GCR metodu na kućne i uredske pisače, pronašli su određene točke koje su stvarale te probleme, ispravili njihove vrijednosti, te prema novim napravili novu transformacijsku tablicu prema kojoj se provodio GCR dajući nove rezultate s manjom potrošnjom boje, te smanjenjem ili potpuno uklonjenim prethodno navedenim problemima. [7]

Znanstvenik Shoji Tominaga s fakulteta Osaka Electro-Communication University iz Japana obradio je temu u kojoj je opisan postupak za ostvarivanje preslikavanja iz trodimenzionalnog prostora boja u četverodimenzionalni prostor. U svom radu pokušao je eliminirati uporabu UCR i GCR metode pomoću dvije faze neuronske mreže. Naime, pri ispisu pisač stvara probleme pri reprodukciji boja, budući da su mu ulazne komponente stvorene od četiri vrijednosti, a izlazne od tri. Metoda je ispitana pomoću eksperimenata provedenim na sublimacijskom pisaču i ink jet pisaču. [8]

Spomenut ćemo i istraživački rad u kojem je pokušano umjesto dotadašnjih metoda komprimiranja gamuta, proširiti gamut korištenjem crne tiskarske boje. Napravljena su dva eksperimenta, jedan kvantitativno, jedan kvalitativno. U kvantitativnom eksperimentu uspoređeni su gamuti postignuti na uredskim pisačima primjenom postojećih GCR metoda i predložene GCR metode. U kvalitativnom eksperimentu, promatrači su vizualno usporedili rezultate dobivene različitim metodama. Rezultati su pokazali da nova metoda proširenja gamuta crnom bojom, nadmašuje dosadašnje metode.[9]

Neki od radova su ispitivali algoritme po kojima rade GCR metode, pa su tako mijenjali uobičajene postavke srednjeg stupnja GCR na maksimalni stupanj GCR pri čemu algoritam dodaje crnu boju u skladu s odgovarajućim proračunima, te se došlo do zaključka da se sve ciljane boje mogu uskladiti uz neznatna odstupanja. Prijavljeno je da je kolorimetrijska razlika na ispisu dobivenom novim algoritmom znatno manja od prijašnje. [10]

Još jedna od interesantnih primjena UCR i GCR metode, istražena je u radu američkog istraživačkog tima. Naime, oni su ispitali utječu li UCR i GCR metoda na smanjenje pojave Moire-a. [11]

Također postoji još mnoštvo radova koji ispituju utjecaj GCR-a na kvalitetu ispisa osvrćući se na određene tehnike tiska, primjerice ofsetni tisak.[12,13]

4. Denzitometrija

Pod denzitometrijom podrazumijevamo metode i instrumente za utvrđivanje optičkih gustoća uzoraka. Postoje dva osnovna tipa denzitometrijskih mjerenja, a to su: transmisijska i refleksijska.

- a. Transmisijska denzitometrija mjeri gustoću transparentnih uzoraka, poput fotografskih filmova, folija itd.
- b. Refleksijska denzitometrija mjeri gustoću netransparentnih uzoraka, poput otisaka.

Optička gustoća uzoraka je prilično sukladna osjetljivosti ljudskog vizualnog sustava. Samim time, ona je snažna mjera za kvalitetu boje uzorka. Uz ovu prednost, denzitometrija je jednostavna za korištenje pa je vrlo raširena u grafičkoj tehnologiji. Većina ulaznih i izlaznih uređaja kalibrirana je korištenjem denzitometrijskih mjerenja, te većina refleksijskih i transmisijskih skenera su u suštini denzitometri ili se mogu konvertirati u njih.² [14]

4.1. Denzitometar

Izvorno, denzitometri su dizajnirani kako bi izvršili mjerenje boja na fotografskim materijalima, s ciljem primjene u fotografiji i grafičkoj industriji.³

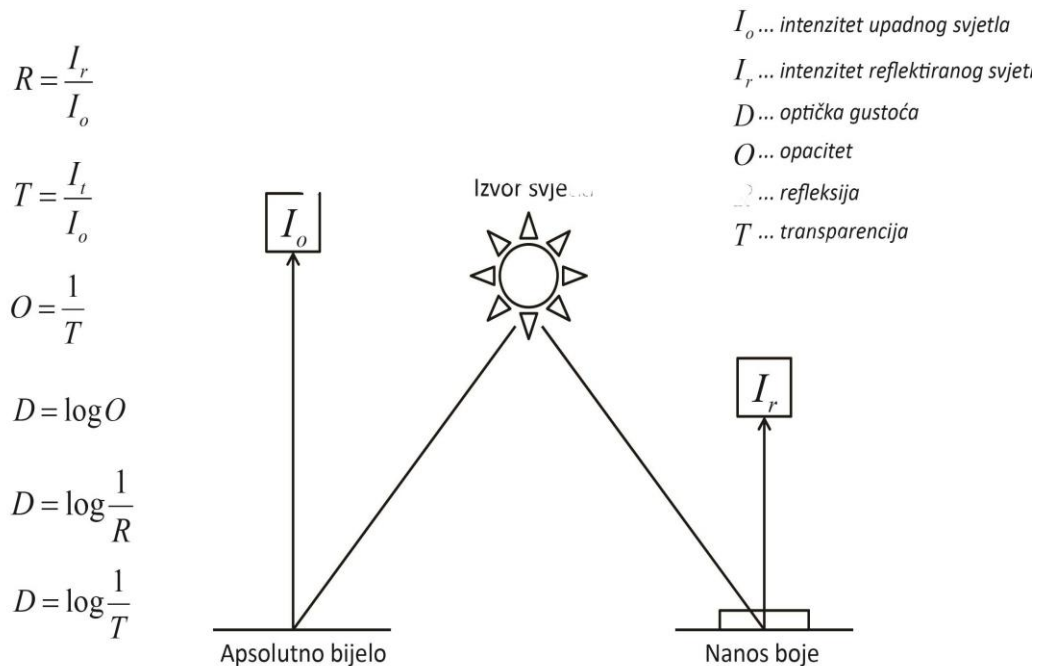
Denzitometar pruža određenu kvantifikaciju boja u obliku odaziva spektralne gustoće, spektra gustoće ili tri integrirane gustoće kroz tri različita filtera za odvajanje boja (npr. gustoća na crvene, zelene i plave regije; neki instrumenti imaju i četvrtu komponentu, uključujući sivu). Trobojnica gustoće na tri različita vidljiva polja predstavlja tristimulusne vrijednosti. Najveći problem nastaje u pokušaju uspoređivanja podataka

² E. J. Giorgianni and T. E. Madden, *Digital Color Management*, Addison-Wesley, Reading, MA, str. 447–457 (1998)

³ C. S. McCamy, *Color: Theory and Imaging System, Color Densitometry*, R. A. Eynard (Ed.), Soc. Photogr. Sci. Eng., Washington, D.C. (1973).

između denzitometra i kolorimetra, odnosno u tretiranju denzitometrijskih podataka kao da su kolorimetrijski. [14]

Ovisno o izvedbi postoje transmisijski i refleksijski (neki mjere na oba načina) denzitometri. Denzitometar mjeri odnos između ulaznog i izlaznog toka svjetlosnog zračenja, odnosno faktor transmisije ili refleksije. Koristi se kod kontrole i standardizacije procesa u grafičkoj reprodukciji. [15]



Slika 16. Prikaz formula bitnih za razumijevanje denzitometrije

Izvor: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20%20BOJI%203.dio.pdf

Za otiske u boji određuje se optička gustoća mjerenjem kroz filtere. Filteri „odvajaju“ izlazni svjetlosni tok da se dobiju optičke gustoće za 3 područja gustoće obojenja. Dakle, za mjerenje tiskarskih otisaka koristimo refleksijske denzitometre. Gustoća obojenja se mjeri na 100% otisnutim tiskovnim elementima, kao i željenim rastertonskim područjima. Izmjerene vrijednosti moguće je izraziti u obliku: krivulja reprodukcije, relativnog tiskarskog kontrasta, sivoće i greške tona.

Denzitometar radi tako da iz usmjerenog izvora svjetla svjetlost prolazi kroz leću, polarizator i filter te osvjetljava otisnutu površinu. Ovisno o koncentraciji pigmenata i nanosu bojila dio svjetla se apsorbira. Neapsorbirano svjetlo s površine se reemitira pod

kutem od 45° i kroz sustav leća dolazi u fotodiodu. Fotodioda pretvara reemitirano svjetlo u impulse električne energije, koje elektronički sklop uspoređuje s izmjerenom vrijednošću referentnog bijelog standarda. Dobivena razlika predstavlja apsorpciju izmjerenog nanosa bojila i prikazuje se na ekranu. [15]



Slika 17. Densitometar

Izvor: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI%203.dio.pdf

4.2. Primjena denzitometrije u grafičkoj tehnologiji

Glavna primjena denzitometrije je u grafičkoj industriji i njoj srodnim industrijama. Densitometri se koriste u tiskarskim procesima i procesima kontrole, poput kalibracije. U većini slučajeva, spektralni odaziv denzitometra je određen po filterima kako bi predstavili što je moguće točnije maksimume spektralne apsorpcije boje na materijalima koji se koriste⁴. [14]

U tiskarama se koriste za kontrolu kvalitete tijekom tiska, neke od informacija koje možemo dobiti denzitometrijskim mjerenjima su: optička gustoća, integralna gustoća zacrnenja, relativni kontrast, prirast rastertonskog elementa, greška tona i sivoća te prihvaćanje bojila. [15]

⁴ M. Pearson, Modern Color-Measuring Instruments, *Optical Radiation Measurements*, F. Grum and C. J. Bartleson (Ed.), Vol. 2, Academic Press, New York, str. 337–366 (1980).

5. Jednadžbe maskiranja

U prošlosti, neželjene pogreške u grafičkoj reprodukciji većinom su uklonjene od strane stručnih strojara koji su imali godine iskustva. Značajan broj korisnih rješenja ponudili su znanstvenici koji su se bavili ovim problemom, a oni su: J. A. C. Yule⁵, H. E. J. Neugebauer⁶, F. R. Clapper⁷, te Irving Pobboravsky⁸. Ova rješenja su nastala pod utjecajem industrijalizacije, koja je sa sobom donijela digitalizaciju, koja je zahtijevala brzinu i visoku produktivnost bez grešaka. Ona su proširenja prethodnih radova Clapper-a i Pobboravsky-og u razvoju transformacijskih jednadžbi temeljenih na empirijskim podacima koji opisuju nanos boje potreban da bi se točno reproducirala željena boja. Ove jednadžbe se primjenjuju kako bi uklonile neželjene apsorpcije koje nastaju uslijed miješanja boja. [16]

Kako bi razumjeli princip i primjenu jednadžbi maskiranja, prije samog objašnjenja navedenih, navest ćemo par značajnih svojstava na kojima se zasnivaju jednadžbe maskiranja.

5.1. Beer-Lambert-Bouguer-ov zakon

Beer Lambert Bouguer-ov zakon kaže da je optička gustoća $D(\lambda)$ medija za određenu valnu duljinu λ , proporcionalna koeficijentu apsorpcije $\xi(\lambda)$ nosioca obojenja na toj valnoj duljini, debljini medija b i koncentraciji nosioca obojenja c . [14]

⁵ Značajan doprinos svojim djelom : J. A. C. Yule, "The Theory of Subtractive Color Photography," Part I - IV, Photog. J., 80 (November 1940), 408-433.

⁶ Značajan doprinos svojim djelom: Hans E.J. Neugebauer, "Theory of Masking for Color Correction," Part I: "Mask Drawn from the Subject, " J. Opt. Soc. Am., 42 (October 1952), 740-747.

⁷ Značajan doprinos svojim djelom: F. R. Clapper, "An Empirical Determination of Halftone Color Reproduction Requirements, " TAGA Proc . , 13 (1961) , 31-41.

⁸ Značajan doprinos svojim djelom: Irving Pobboravsky, "A Proposed Engineering Approach to Color Reproduction, " TAGA Proc . , 14 (1962), 127-165.

$$D(\lambda) = \xi(\lambda)bc \quad (1.1.)$$

Ova jednadžba vrijedi za bilo koje monokromatsko svjetlo ili uski pojas valnih duljina. Beer Lambert Bouguer-ov zakon ima dva vrlo važna svojstva, a to su:

- Proporcionalnost
- Aditivnost

5.2. Proporcionalnost

Proporcionalnost predstavlja svojstvo obojenih medija, koje kaže da omjer optičkih gustoća, mjerenjem kroz različite filtere, ostaje konstantan bez obzira o količini bojila. Količina bojila se mijenja promjenom njegove koncentracije ili promjenom debljine nanosa. U reproduksijskom procesu količina bojila mijenja se nanošenjem različitih debljina slojeva boje ili promjenom pokrivenosti površine odnosno rasterom.

$$D_r/D_g = \alpha_{rg} \quad (1.2.)$$

Ukoliko bi mjerili zelenoplavi uzorak monokromatskim svjetlom u crvenom, zelenom i plavom području utoliko vrijedi sljedeće :

$$D_{c,g} = \alpha_{gr} D_{c,r} \text{ i } D_{c,b} = \alpha_{br} D_{c,r} \quad (1.3.)$$

Gdje je α_{gr} proporcionalna konstanta odnosa gustoće mjerene kroz zeleni filter i gustoće mjerene kroz crveni filter, a α_{br} proporcionalna konstanta odnosa gustoće mjerene kroz plavi filter i gustoće mjerene kroz crveni filter. Ovakav odnos vrijedi i za mjerenje drugih uzoraka (purpurno, žuto).

Bitno je zamijetiti da proporcionalnost u realnim slučajevima ne vrijedi uvijek. Ona vrijedi u slučajevima transmisivske denzitometrije za monokromatsko svjetlo ili za uske pojaseve valnih duljina. Što su širine pojaseva propusnosti filtera veće, to su veća odstupanja od proporcionalnosti. Ovaj uvjet u grafičkoj struci u pravilu nije zadovoljen kod denzitometrijskog mjerenja budući da se najčešće koriste refleksijski denzitometri.

Kada bi za realne procese vrijedila proporcionalnost, konstante proporcionalnosti mogle bi se utvrditi mjerenjem tri C, M i Y polja proizvoljno odabranih RTV, svakog kroz tri R, G i B filtera te računanjem omjera izmjerenih optičkih gustoća. No proporcionalnost ne vrijedi za realne procese. [14]

5.3. Aditivnost

Pravilo aditivnosti kaže da su optičke gustoće mjerene na polju otisnutom s dvije ili više boja jednake sumi pojedinačnih optičkih gustoća tih boja.⁹

$$\begin{aligned} D_s(r) &= D_c(r) + D_m(r) + D_y(r) \\ D_s(g) &= D_c(g) + D_m(g) + D_y(g) \\ D_s(b) &= D_c(b) + D_m(b) + D_y(b) \end{aligned} \quad (1.4.)$$

$$\begin{bmatrix} D_s(r) \\ D_s(g) \\ D_s(b) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_c(r) & D_m(r) & D_y(r) \\ D_c(g) & D_m(g) & D_y(g) \\ D_c(b) & D_m(b) & D_y(b) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1.5.)$$

Iz navedenog možemo zaključiti da na polju otisnutom s više boja, gustoća mjerena kroz crveni filter trebala bi biti jednaka sumi gustoća $D_s(r)$, odnosno sumi pojedinačnih gustoća C, M i Y komponenti mjerenih kroz crveni filter. Također, isto vrijedi i za gustoće u zelenom i plavom području.

Treba se napomenuti, da u realnim slučajevima pravilo aditivnosti ne vrijedi. Otiskivanjem više boja ne dobivaju se gustoće jednake sumi pojedinih komponenti.

U stvarnosti kad se bojila nanose jedno na drugo, ukupna gustoća će biti manja od sume individualnih gustoća. [15]

Za kraj možemo zaključiti da glavni razlozi zbog kojeg se javljaju greška aditivnosti i proporcionalnosti u praksi jesu:

- a. Širina pojasa propusnosti filtera, što je širi pojas valnih duljina koje propuštaju filteri koji se koriste u mjerenju, greška je veća.

⁹ J. A. C. Yule, *Principles of Color Reproduction*, Wiley, New York, Chap. 8, str. 205–232 (1967).

- b. Neželjena refleksija s prvog sloja uzorka, kada svjetlosni tok padne na uzorak, dio svjetla se reflektira s uzorka.
- c. Refleksije unutar uzorka, kada svjetlost prodre u papir, znatan dio svjetlosti ne izađe direktno vani, već se reflektira nazad u papir.
- d. Raster, što je linijatura rastera veća, veće su i greške aditivnosti i proporcionalnosti. [14]

5.4. Jednadžbe Maskiranja

Jednadžbe maskiranja vrijede za idealne boje. U stvarnom svijetu, ne postoje idealne boje, sve primarne boje imaju neke neželjene apsorpcije. Učinak neželjenih apsorpcija je taj da ne dobivamo očekivanu boju kada miješamo sva tri primara zajedno. Ovakve pogreške su nepoželjne i moraju se ispraviti. Kako bi ih ispravili koristimo jednadžbe koje nazivamo jednadžbama maskiranja, jer one preko konstanti proporcionalnosti gustoća uzimaju u obzir neželjene apsorpcije. Maskiranje je postupak ispravljanja pogrešaka koje nastaju uslijed neželjenih apsorpcija, a nastao je još u doba konvencionalni reprodukcijских procesa koji su koristili fotografske materijale. Te su neželjene apsorpcije posebno izražene u reprodukciji plave boje. Miješanjem jednakih udjela C i M boja umjesto plave nastaje purpurna. Dakle temeljne pretpostavke jednadžbi maskiranja su aditivnost i proporcionalnost.

Ako se osvrnemo na ranije opisano pravilo proporcionalnosti, jednadžbu možemo preurediti i pisati kao:

$$\begin{bmatrix} D_s(r) \\ D_s(g) \\ D_s(b) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{rg} & \alpha_{rb} \\ \alpha_{gr} & 1 & \alpha_{gb} \\ \alpha_{br} & \alpha_{bg} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_c(r) \\ D_m(g) \\ D_y(b) \end{bmatrix} \quad (1.6.)$$

Možemo iščitati da je gustoća polja otisnutog s više boja, mjerena kroz crveni filter $D_s(r)$ jednaka sumi gustoća komponenti: $D_s(r)=D_c(r)+D_m(r)+D_y(r)$, gdje su $D_m(r)=\alpha_{rg}D_m(g)$ i $D_y(r)=\alpha_{rb}D_y(b)$ gustoće M i Y boja u crvenom području izračunate preko konstanti proporcionalnosti i gustoća u područjima u kojima su one za M i Y boje

najveća. Primjetno je da je $D_c(r)$ izražen izravno jer C boja ima najveću gustoću u crvenom području. Slično vrijedi i za $D_s(g)$ i $D_s(b)$.

Kada bi primari C, M i Y bili idealni, u odgovarajućim dijelovima spektra potpuno bi reflektirali svjetlost, a u komplementarnim bi ju potpuno apsorbirali.

Kao što smo ranije naveli, miješanjem jednakih udjela C i M boja umjesto plave nastaje purpurna. Dakle, kod idealnih boja bi 3x3 matrica u prethodno navedenoj jednadžbi bila jedinična matrica. Gustoća mjerena kroz zeleni filter na polju miješanih boja $D_s(g)$ bila bi potpuno određena gustoćom M komponente u zelenom području $D_m(g)$ jer C i Y komponente, ako su idealne, u zelenom području potpuno reflektiraju svjetlost pa su u tom području $D_c(g)=D_y(g)=0$. Za stvarne primare, jednadžbe maskiranja uzimaju u obzir njihove neželjene apsorpcije izražene preko konstanti proporcionalnosti gustoća a_{ij} . Skraćeno se prethodna jednadžba može zapisati kao:

$$D_s = M_\alpha D_{maks} \quad (1.7.)$$

ovdje smo gustoće polja otisnutog s više boja označili vektorom stupcem D_s , matricu konstanti proporcionalnosti gustoća a_{ij} s M_α , a vektor stupac gustoća C, M i Y komponenti mjerenih kroz one filtere za koje su gustoće komponenti najveće s D_{maks} .

To možemo zapisati i kao:

$$D_{maks} = M_\alpha^{-1} D_s = M_\beta D_s \quad (1.8.)$$

Odnosno ako raspišemo:

$$\begin{bmatrix} D_c(r) \\ D_m(g) \\ D_y(b) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{rr} & \beta_{rg} & \beta_{rb} \\ \beta_{gr} & \beta_{gg} & \beta_{gb} \\ \beta_{br} & \beta_{bg} & \beta_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_s(r) \\ D_s(g) \\ D_s(b) \end{bmatrix} \quad (1.9.)$$

Ovdje smo inverz matrice M_α nazvali M_β i njome sada množimo vektor gustoća na polju miješanih boja kako bismo odredili količine komponenti potrebne za njihovo postizanje. Ovdje model postaje praktično koristan.

Recimo, ako na polju miješanih boja želimo postići neke ciljane gustoće u crvenom $D_s(r)$, zelenom $D_s(g)$ i plavom $D_s(b)$ području, možemo odrediti komponente primara

$D_s(r)$, $D_m(g)$ i $D_y(b)$ potrebne za njihovo postizanje. Kako bi nam model zaista bio praktično upotrebljiv, moramo ga iz domene gustoća prebacit u domenu ulaza u uređaj, RTV pa to pišemo kao:

$$G_i = M_\sigma G_o = M_\alpha \Lambda_r G_o \quad (2.0)$$

Ukoliko i to raspišemo, dobivamo:

$$\begin{bmatrix} C_i \\ M_i \\ Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{rr} & \sigma_{rg} & \sigma_{rb} \\ \sigma_{gr} & \sigma_{gg} & \sigma_{gb} \\ \sigma_{br} & \sigma_{bg} & \sigma_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_o \\ M_o \\ Y_o \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & \alpha_{rg} & \alpha_{rb} \\ \alpha_{gr} & 1 & \alpha_{gb} \\ \alpha_{br} & \alpha_{bg} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{D_{cmaks}(r)}{D_{maks}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{D_{mmaks}(g)}{D_{maks}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{D_{ymaks}(b)}{D_{maks}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_o \\ M_o \\ Y_o \end{bmatrix} \quad (2.1.)$$

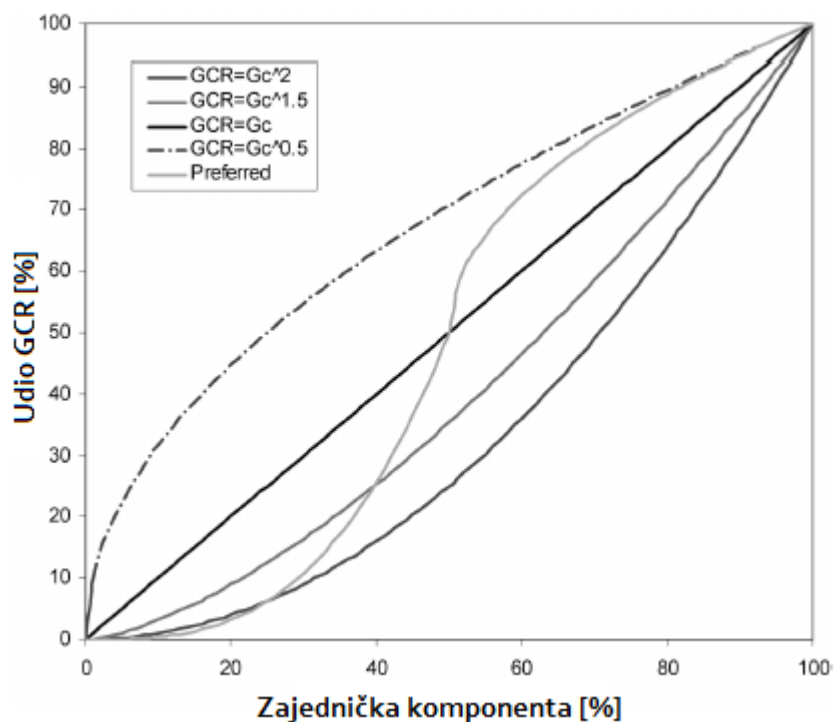
Tu su G_i i G_o vektori CMY ulaza, oznaka i =input i izlaza o =output.

D_{maks} =... je najveća od tri gustoće primara. Što znači da su G_i zapravo RTV vrijednosti idelanih CMY boja (bez neželjenih apsorpcija), normalizirane s obzirom na raspone gustoća realnih CMY komponenata. Moramo voditi računa o tome da su RTV u G_o one linearizirane u odnosu na gustoće. [14]

5.4.1. Primjena jednadžbi maskiranja

Jednadžbe maskiranja mogu se koristiti i za GCR. Predstavljaju prirodni nastavak sivog balansa. Da bi se oduzela siva komponenta G_i , izračunamo CMY komponente preko $G_o = M\sigma^{-1} G_i = M\beta G_i$. Zajednička komponenta G_i se određuje iz unaprijed zadanog black-generation algoritma. Za zajedničke komponente uklonimo iz početnih CMY vrijednosti. Jednadžbe maskiranja čine komplicirani GCR proces jednostavnijim i lakšim za implementirati, a pristup je slijedeći,

1. Nađemo najmanju komponentu ulaza, $\min C_i M_i Y_i$
2. Odredimo sivu komponentu g_i koju želimo ukloniti. Ona se određuje kao funkcija najmanje komponente $g_i = f[\min(C_i M_i Y_i)]$
3. Unesemo g_i vrijednost u formulu $C_0 = (\beta_{rr} + \beta_{rg} + \beta_{rb})g_i$ $M_0 = (\beta_{gr} + \beta_{gg} + \beta_{gb})g_i$, $Y_0 = (\beta_{br} + \beta_{bg} + \beta_{bb})g_i$ da bi dobili vrijednosti $C_0 M_0 Y_0$ za GCR.
4. Od ulaza $C_i M_i Y_i$ oduzmemo izračunate komponente $C_0 M_0 Y_0$



Slika 18. Strategija GCR metode, funkcije za određivanje udjela GCR-a Izvor: Kang, Henry R.,(2006) Computational color technology

Slika 18 prikazuje nekoliko tipičnih funkcija za određivanje udjela GCR ovisno o iznosu zajedničke komponente CMY boja. Funkcije su proizvoljne, pa je moguće zadati i neku vlastitu krivulju. [14]

6. EKSPERIMENTALNI DIO

6.1 Utjecaj GCR metode na kvalitetu ispisa

Cilj istraživanja je utvrditi utjecaj primjene GCR metode na kvalitetu ispisa te udjele zamjene kromatskih komponenti akromatskom koji daju prihvatljive rezultate u promatranom procesu.

Poznato je da zamjena većih udjela kromatskih komponenti akromatskom dovodi do pojave šuma na reproduciranim slikama, kao i da boja nakon zamjene, ovisno o principu zamjene može u većoj ili manjoj mjeri kolorimetrijski odstupati od izvorne.

Hipoteza je da se kolorimetrijska odstupanja boja prije i poslije primijenjenog GCR-a mogu smanjiti upotrebom točnog modela na domeni kolorimetrijskih gustoća što posljedično dovodi i do smanjenja šuma na reproduciranim slikama.

Utvrđeni su udjeli zamjene kromatskih boja akromatskom koji daju prihvatljivu razliku ΔE /kolorimetrijsko odstupanje te kada dolazi do pojave šuma pri reprodukciji fotografija na kojima je primijenjena GCR metoda.

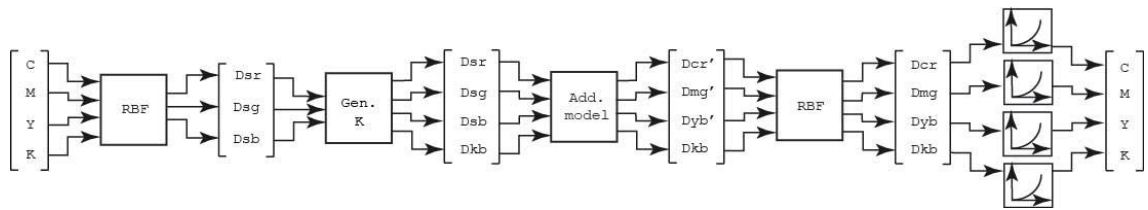
6.2. Metodologija

U radu su se koristili standardni „FOGRA39L“ i „IFRA26“ karakterizacijski podaci. Koristeći te podatke izrađene su transformacijske tablice u podatkovnim strukturama ICC profila.

Točnost reprodukcije boja ovisi o točnosti ICC profila koji se koristi. Za potrebe ovog rada koristili su se standardni profili: ISOcoated_v2.icc i ISONewspaper26v4.icc

GCR metoda je zasnovana na jednadžbama „maskiranja“, odnosno modelu aditivnosti gustoća. Pri tome se u domeni kolorimetrijskih gustoća nastoji kolorimetrijski izjednačiti boje prije i nakon zamjene.

Nakon što se preuzmu odgovarajući karakterizacijski podaci za navedene profile, potrebno je te podatke prilagoditi programu u kojem ćemo ih obrađivati. Za izradu praktičnog dijela rada koristio se program MatLab. MatLab (eng. *Matrix Laboratory*) predstavlja i okružje i programski jezik. On objedinjuje računanje, vizualizaciju i programiranje u lako uporabljivoj okolini u kojoj su problem i rješenje definirani matematičkom notacijom. [17] Metoda je zasnovana na jednadžbama maskiranja, a implementirana je MatLab-u. Primjena ove metode zahtijeva karakterizacijske podatke procesa na koji se primjenjuje.

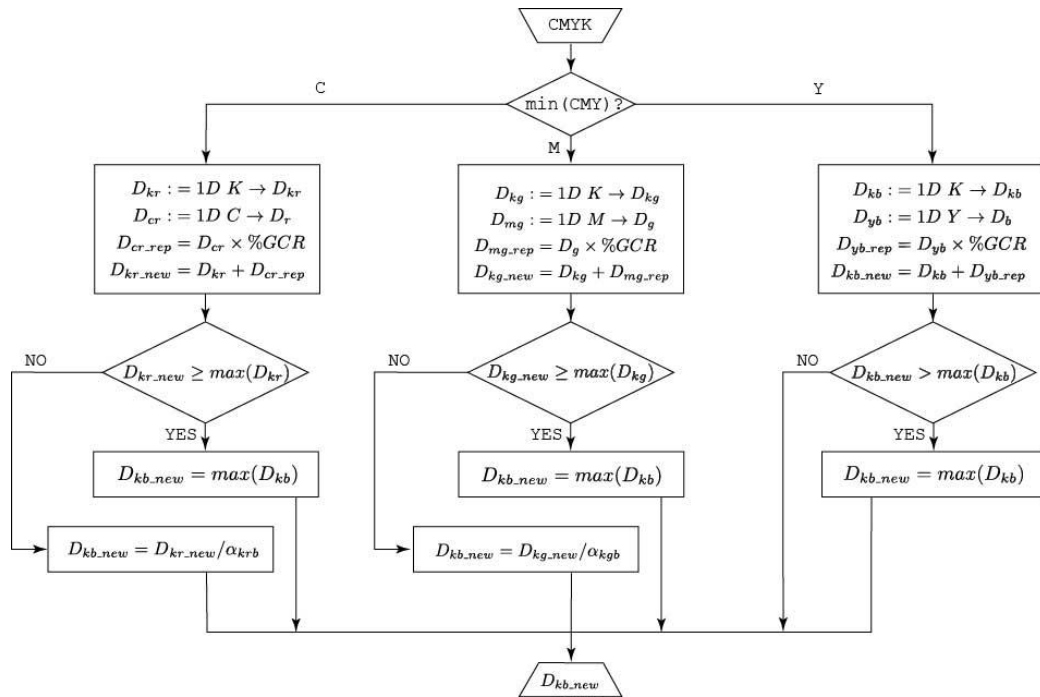


Slika 19. Koraci korištene metode; Izvor:[18]

Korištena metoda uključuje više koraka obrade, kao što je prikazano na slici 19. Za zadane CMYK ulaze, ukupne gustoće odgovaraju vektoru:

$$Ds = [Dsr \ Dsg \ Dsb] \quad (2.2)$$

koji je određen korištenjem radijalnih baznih funkcija. On sadrži ili optičke ili kolorimetrijske gustoće punog polja i kao takav omogućava specifikaciju boja. S odrednicama vektora Ds , ciljana boja je određena, ali bi mogla biti realizirana velikim brojem CMYK permutacija. Za neku zadanu crnu boju (K) postoje jedinstvene CMY vrijednosti koje realiziraju ciljanu boju. Stoga je sljedeći korak algoritam za generiranje crne boje koji je prikazan na slici 20. Kako u realnim procesima tiska ne vrijede proporcionalnost i aditivnost, potrebno je koristiti još jedan RBF model, kako bi se ispravile dobivene vrijednosti iz aditivnog modela. Tada su gustoće za sve četiri boje primara (CMYK) specificirane. Kako bi se izlazne vrijednosti CMYK-a izrazile kao područja pokrivenosti površine, koriste se jednodimenzionalne (1D) krivulje ili transformacijske tablice. [18]



Slika 20. Algoritam za generiranje crne boje ;Izvor:[18]

Slika 20 prikazuje algoritam za generiranje crne boje. Za ulazne CMYK vrijednosti, najmanja komponenta min (CMY) je određena, budući da je zamjena količine kromatskih boja ograničena njezinim najmanjim komponentama. Nakon što je poznata najmanja komponenta i njen iznos izražen kao pokrivenost površine, njena najveća gustoća se određuje pomoću 1D krivulja. Ta gustoća je ponderirana s postotkom GCR-a i taj iznos se dodaje gustoći crne boje. Tako je postavljena nova vrijednost crne boje. Ukoliko je ta vrijednost veća ili jednaka maksimumu gustoće koju možemo postići utoliko je plavi filter postavljen kao zadani maksimum. Ako je manja, gustoća kroz plavi filter izračunava se koristeći odgovarajuće konstante proporcionalnosti budući da je inverzni aditivni model postavljen za gustoću crne boje kroz plavi filter. [18]

Budući da se eksperimentalni dio rada provodio na temelju dva profila, radi jednostavnosti i jednakog postupka za bilo koji profil, objasniti će se primjena na ISO Coated procesu.

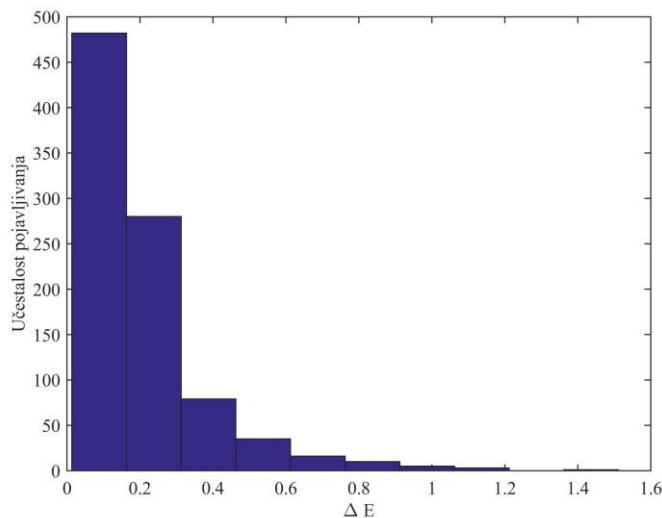
Prvi korak je bio urediti karakterizacijske podatke karte FOGRA39L. Budući da se na 1617 polja koliko ih sadrži ova karta pojedine vrijednosti ponavljaju, potrebno je bilo izbaciti iste te je novi broj polja 1588. Nakon toga odabran je redoslijed polja i to redom 20 vrijednosti za C, 20 vrijednosti za M, 20 vrijednosti za Y, 20 vrijednosti za K te ostale CMYK permutacije. CIE XYZ podaci su iskorišteni kako bi se izračunale kolorimetrijske gustoće za 1588 polja. Kako bi se mogao iskoristiti aditivni model, konstante proporcionalnosti izračunate su kao prosjeci omjera gustoća za C, M, Y i K ulaze od 40% do 100%. Oba RBF modela su također koristili 1588 polja. Prvi RBF model se koristio kako bi se ulazne CMYK vrijednosti transformirale u kolorimetrijske gustoće, a drugi RBF model se koristio kako bi gustoće primara (CMYK) predviđene aditivnim modelom ispravio u prave gustoće koje su potrebne kako bi se dobila ciljana gustoća D_s. Metoda je ispitana na skupu od 911 polja, odnosno vrijednostima koje su bile pogodne za primjenu GCR-a. Kako bi se korištena metoda ispitala na slikama sve su slike pretvorene u CMYK koristeći ISOCoated_v2 profil, te je metoda primijenjena na iste. Originalne vrijednosti i nove vrijednosti konvertirane su u CIE L*a*b* te su prikazani udjeli zamjene i kolorimetrijske razlike među njima.

7. REZULTATI I RASPRAVA

O ovom dijelu rada su prikazani rezultati provedenog istraživanja, redom će se prikazati grafički prikazi dobivenih rezultata za dva korištena ICC profila (ISOcoated_v2.icc i ISONewspaper26v4.icc), te primjeri slika na kojima je primijenjena GCR metoda.

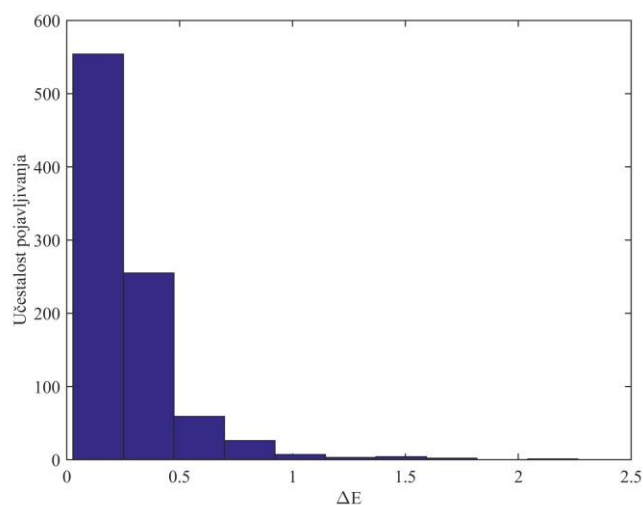
- Rezultati eksperimentalnog dijela za ICC profil ISOcoated_v2.icc

Slika 21 prikazuje razdiobu odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti dobivenih slabijim GCR-om. Na ordinati je brojčana vrijednost učestalosti pojavljivanja greške, a na apscisi nalaze se vrijednosti kolorimetrijskog odstupanja ΔE . Prikazano je da najveći broj polja ima malo odstupanje od svega $\Delta E=0,2$ te jako mali broj polja kao najveću odstupanje dobiva vrijednost 1.4. U literaturi [10] se navodi da razlika od 2.3 smatra zanemarivom. Prema tome se zaključuje da su rezultati prihvatiljivi i zadovoljavajući.



Slika 21. Razdoba odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti

Slika 22 prikazuje razdiobu odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti dobivenih jačim GCR-om. Na ordinati je brojčana vrijednost učestalosti pojavljivanja greške, a na apscisi nalaze se vrijednosti kolorimetrijskog odstupanja ΔE . Prikazano je da najveći broj polja ima malo odstupanje od svega $\Delta E=0,5$ te jako mali broj polja kao najveću odstupanje dobiva vrijednost 2.5. Zaključuje se da se neznatno veće odstupanje primjećuje kod primjene jačeg GCR, no ono je i dalje zadovoljavajuće.



Slika 22. Razdioba odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti

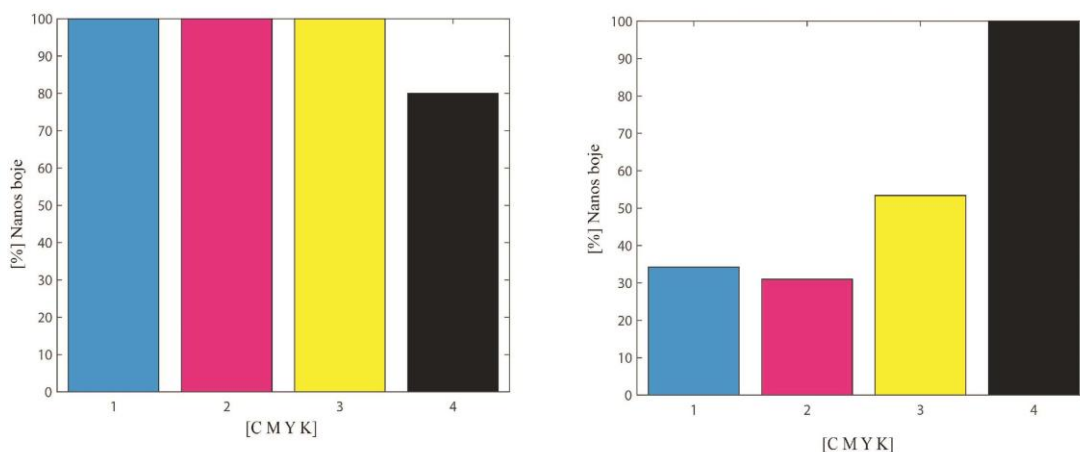
Tablica 1 prikazuje rezultate za ICC profil ISOcoated_v2.icc u dva slučaja, primjeni slabi GCR te jaki GCR. Kao što vidimo, maksimalno odstupanje (ΔE) je prihvatljivo u oba slučaja, no manje odstupanje javlja se primjenom slabijeg GCR-a. Razlog veće vrijednosti ΔE kod jakog GCR-a je veći iznos zamjena kromatskih boja.

Medijan ΔE koji predstavlja centralnu tendenciju odstupanja također je manji kod primjene slabijeg GCR-a.

Tablica 1. Skup rezultata za ICC profil ISOcoated_v2_icc

ISOcoated_v2.icc	Slabi GCR	Jaki GCR
Maks.	1,51	2,26
Medijan	0,15	0,21
ΔE na mjestu najveće zamjene	0,56	0,56

Slika 23 prikazuje odnos korištenih CMYK boja prije i poslije primjene slabijeg GCR-a. Možemo zaključiti da je primjenom GCR metode uvelike smanjena potrošnja kromatskih boja, te povećana potrošnja crne boje.



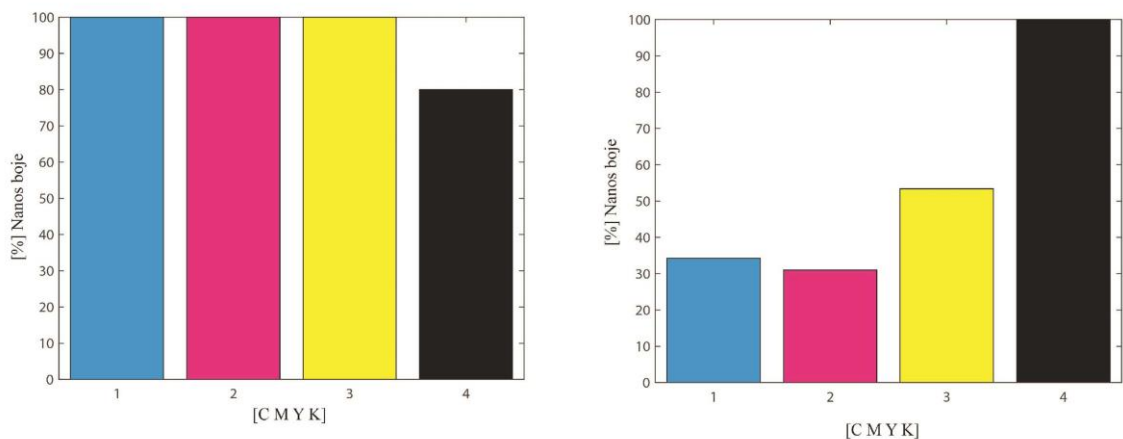
Slika 23. CMYK vrijednosti prije(lijevo) i poslije(desno) primjene slabijeg GCR-a

U tablici 2 možemo vidjeti i brojučani prikaz starih i novih CMYK vrijednosti. Primjetno jest da je ušteda boja znatna, korištenjem GCR metode.

Tablica 2. Prikaz starih i novih CMYK vrijednosti

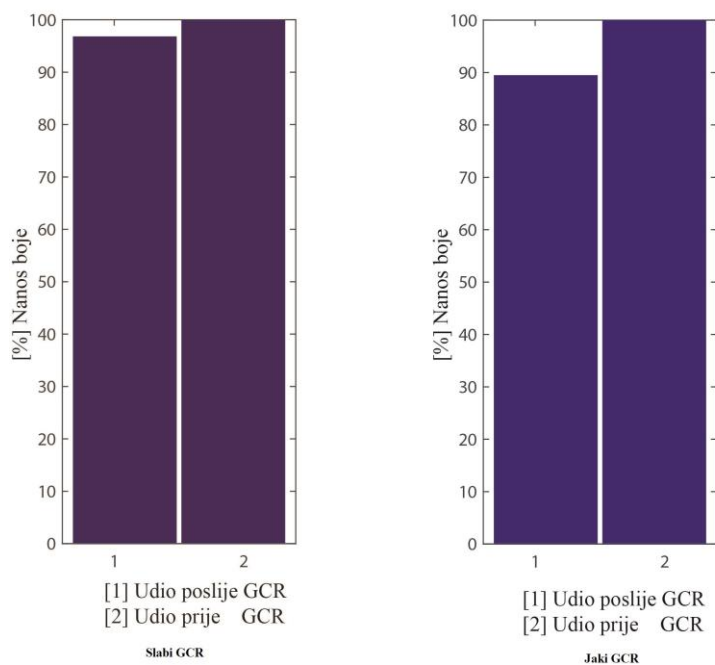
ISOcoated_v2.icc	Slabi i jaki GCR			
CMYK prije GCR-a	100	100	100	80
CMYK poslije GCR-a	34.29	31.02	53.41	99.98

Slika 24 prikazuje odnos korištenih CMYK boja prije i poslije primjene jačeg GCR-a . Možemo zaključiti da je primjenom GCR metode uvelike smanjenjena potrošnja kormatskih boja, te povećana potrošnja crne boje. Primjetno je da su dobiveni jednaki rezultati kod primjene slabog i jakog GCR-a. Ako pogledamo sliku (18) jasno je da na mjestu gdje je veliki udio minimalne komponente udio GCR raste prema maksimalnoj vrijednosti. Osim što su nam vrijednosti CMY-a visoki, visok nam je udio crne boje, pa je time mogući udio zamjene ograničen.



Slika 24. CMYK vrijednosti prije(lijevo) i poslije(desno) primjene jačeg GCR-a

Slika 25 prikazuje omjere suma pokrivenosti površina za CMYK, dobivenih za vrijednosti ISO 12642-2 koje podliježu zamjeni ($CMY > 0, K < 100$). Lijeva strana slike 25 prikazuje omjere pri korištenju slabijeg GCR-a, a desna strana slike 25 prikazuje omjere pri korištenju jačeg GCR-a, pri čemu su stupci 1 udio poslije GCR gdje je prikazan omjer novih i starih vrijednosti, a stupci 2 prikazuju omjer starog kroz staro stanje te iznosi 100 %.



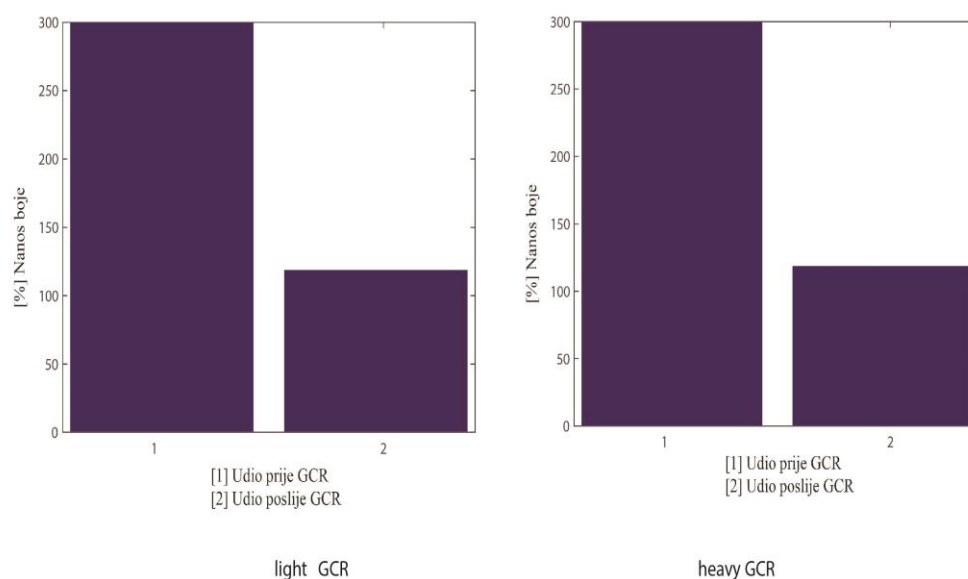
Slika 25. Omjeri suma pokrivenosti površina za CMYK: slabiji GCR (lijevo) i jači GCR (desno)

Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti prikazane su u tablici 3. Kao što se vidi iz priloženih rezultata, u odnosu na 100% pokrivenost, primjenom GCR-a smanjena je potrošnja boje i pokrivenosti, srazmjerno stupnju primijenjenog GCR-a.

Tablica 3. Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti.

ISOcoated_v2.icc	Slabi GCR	Jaki GCR
Udio novih suma pokrivenosti [%]	96,82	89,48

Slika 26 prikazuje omjere suma pokrivenosti površina za CMY dobivenih za vrijednosti koje podliježu najvećoj zamjeni. Lijevi dijagram prikazuje omjere pri korištenju slabijeg GCR-a, a desni dijagram prikazuje omjere pri korištenju jačeg GCR-a. Stupci 1 prikazuju udio prije GCR-a, a stupci 2 udio poslije GCR-a.



Slika 26. Omjeri suma pokrivenosti površina za CMY slabiji GCR (lijevo) i jači GCR (desno)

Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti CMYK i CMY površina prikazane su u tablici 4. Iz ovih vrijednosti jasno se iščitava ušteda boja pri korištenju određenog

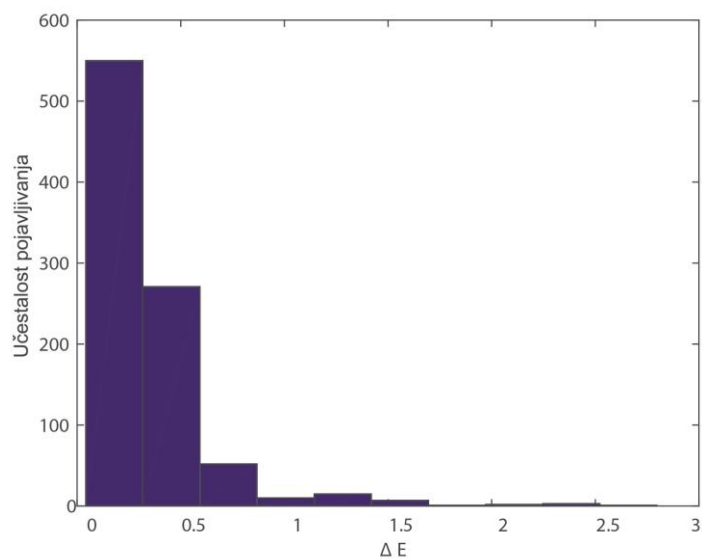
stupnja GCR-a. Primjećuje se također da je ukupno smanjenje nanosa kromatskih boja (CMY) veće od ukupnog smanjenja nanosa svih (CMYK), što je i očekivano.

Tablica 4. Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti za CMYK i CMY

ISOcoated_v2.icc	Slabi GCR	Jaki GCR
Ukupno smanjenje nanosa boje (CMYK) (%)	161,264	161,264
Ukupno smanjenje nanosa boje (CMY) (%)	181,264	181,264

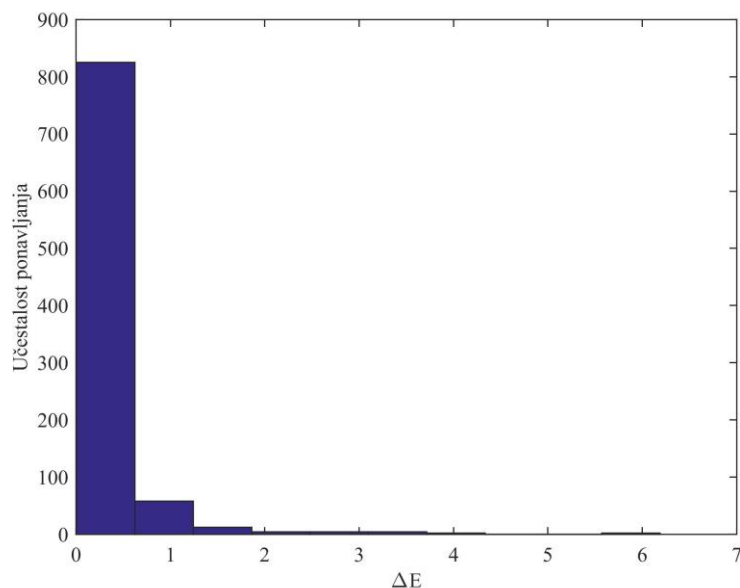
- Rezultati eksperimentalnog dijela za ICC profil ISONNewspaper26v4.icc

Slika 27 prikazuje razdiobu odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti dobivenih slabijim GCR-om. Na ordinati je brojčana vrijednost učestalosti pojavljivanja greške, a na apscisi nalaze se vrijednosti kolorimetrijskog odstupanja ΔE . Prikazano je da najveći broj polja ima malo odstupanje od svega $\Delta E=0,1$ te jako mali broj polja kao najveće odstupanje poprima vrijednost 2,5. U literaturi [10] se navodi da razlika od 2.3 smatra zanemarivom. Prema tome se zaključuje da su rezultati prihvatiljivi i zadovoljavajući.



Slika 27. Razdioba odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti

Slika 28 prikazuje razdioba odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti dobivenih jačim GCR-om. Na ordinati je brojčana vrijednost učestalosti pojavljivanja greške, a na apscisi nalaze se vrijednosti kolorimetrijskog odstupanja ΔE . Prikazano je da najveći broj polja ima malo odstupanje od svega $\Delta E=0,5$ te jako mali broj polja kao najveću odstupanje poprima vrijednost 6. Zaključuje se da je veće odstupanje kod primjene jačeg GCR te da nije zadovoljavajuće.



Slika 28. Razdioba odstupanja novih od zamijenjenih vrijednosti

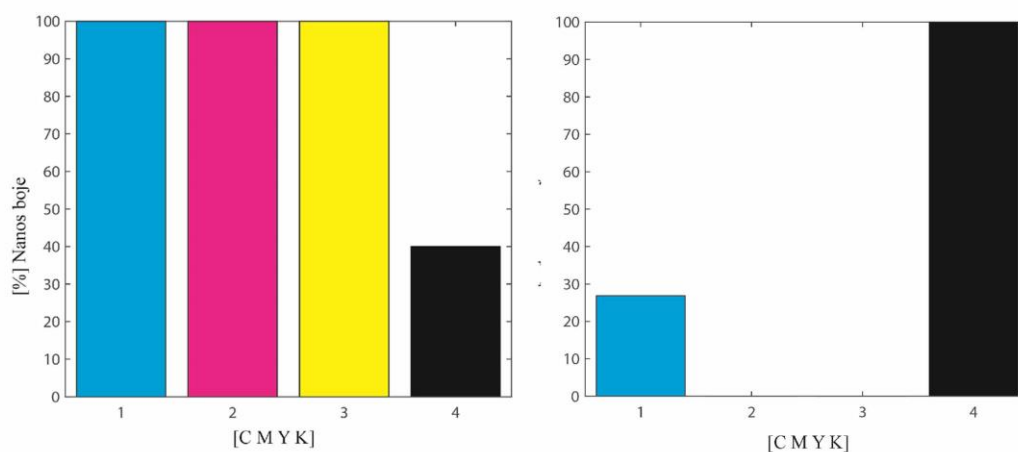
Tablica 5 prikazuje rezultate za ICC profil ISONewspaper26v4.icc u dva slučaja, primjeni slabog GCR- te jakog GCR-a. Kao što vidimo, kolorimetrijsko odstupanje (ΔE) je prihvatljivo za slabiji GCR, a za jaki GCR odstupanje je previsoko. Razlog veće vrijednosti ΔE kod jakog GCR-a je veći iznos zamjena kromatskih boja.

Medijan ΔE koji predstavlja centralnu tendenciju odstupanja također je manji kod primjene slabog GCR-a.

Tablica 5. Skup rezultata za ICC profil ISONewspaper26v4

ISONewspaper26v4.icc	Slabi GCR	Jaki GCR
Maks.	2,76	6,18
Medijan	0,23	0,24
ΔE na mjestu najveće zamjene	0,51	0,51

Slika 29 prikazuje odnos korištenih CMYK boja prije i poslije primjene slabijeg GCR-a. Možemo zaključiti da je primjenom GCR metode uvelike smanjena potrošnja kormatskih boja, te povećana potrošnja crne boje.



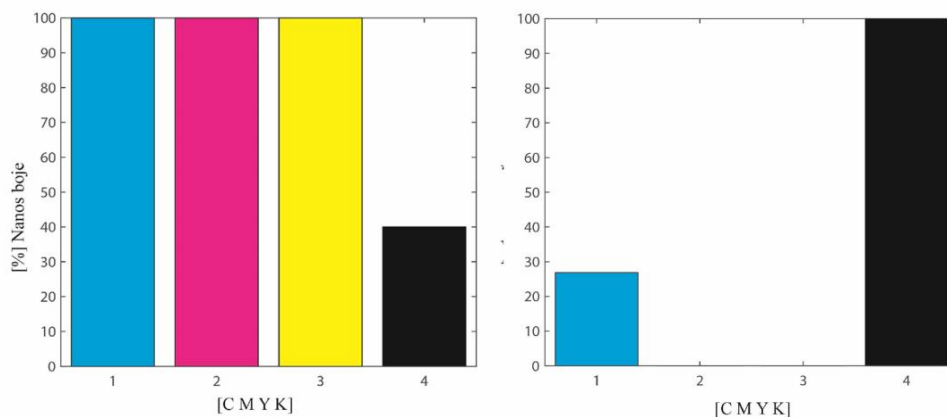
Slika 29. CMYK vrijednosti prije(lijevo) i poslije(desno) primjene slabijeg GCR-a

U tablici 6 možemo vidjeti i brožčani prikaz starih i novih CMYK vrijednosti. Primjetno jest da je ušteda boja znatna, korištenjem GCR metode.

Tablica 6. Prikaz brožčanih vrijednosti starih i novih CMYK vrijednosti

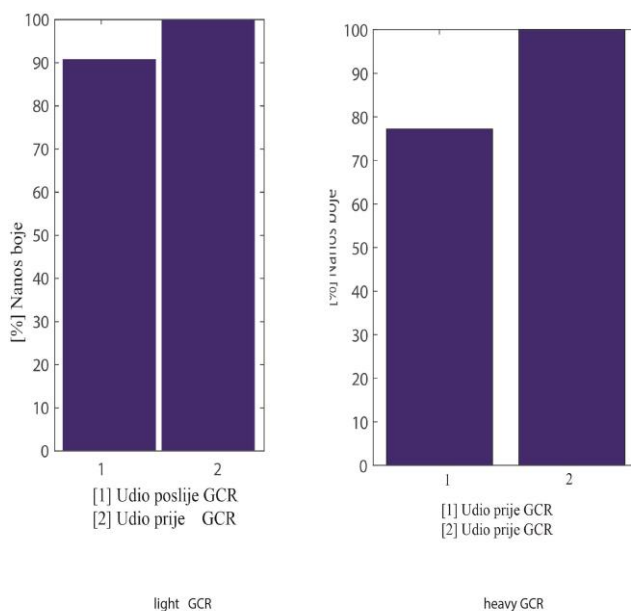
ISONNewspaper26v4.icc	Slabi i jaki GCR			
CMYK prije GCR-a	100	100	100	40
CMYK sa GCR-om	26	0	0	100

Slika 30 prikazuje odnos korištenih CMYK boja prije i poslije primjene jačeg GCR-a . Možemo zaključiti da je primjenom GCR metode uvelike smanjena potrošnja kormatskih boja, te povećana potrošnja crne boje. Primjetno je da su dobiveni jednaki rezultati kod primjene slabog i jakog GCR-a. Ako pogledamo sliku (18) jasno je da na mjestu gdje je veliki udio minimalne komponente udio GCR raste prema maksimalnoj vrijednosti. Osim što su nam vrijednosti CMY-a visoki, visok nam je udio crne boje, pa je time mogući udio zamjene ograničen.



Slika 30. CMYK vrijednosti prije(lijevo) i poslije(desno) primjene jačeg GCR-a

Slika 31 prikazuje omjere suma pokrivenosti površina za CMYK, dobivenih za vrijednosti ISO 12642-2 koje podliježu zamjeni ($CMY > 0, K < 100$). Lijeva strana slike 31 prikazuje omjere pri korištenju slabijeg GCR-a, a desna strana slike 31 prikazuje omjere pri korištenju jačeg GCR-a, pri čemu su stupci 1 udio poslije GCR gdje je prikazan omjer novih i starih vrijednosti, a stupci 2 prikazuju omjer starog kroz staro stanje te iznosi 100 %.



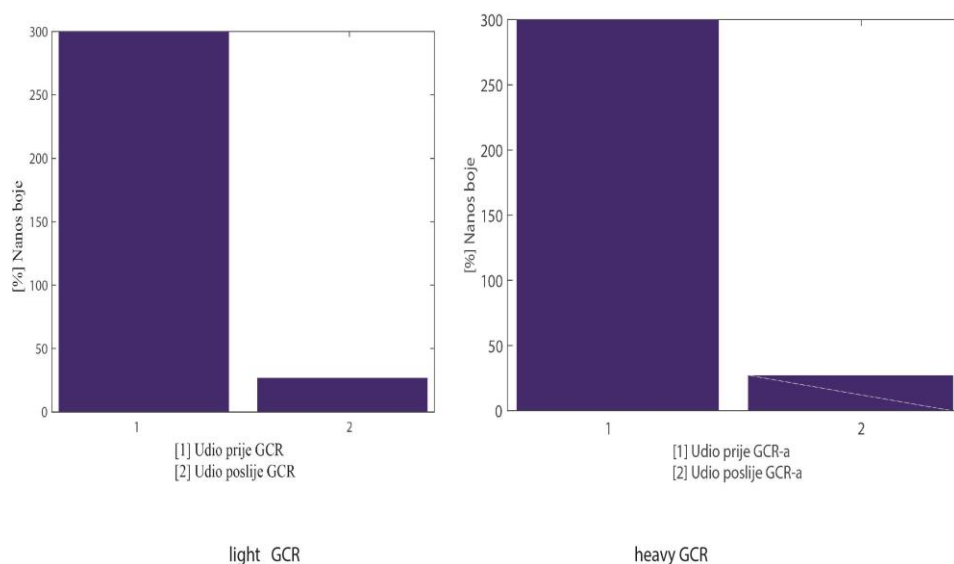
Slika 31. Omjeri suma pokrivenosti površina za CMYK: slabiji GCR (lijevo) i jači GCR (desno)

Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti prikazane su u tablici 7. Kao što se vidi iz priloženih rezultata, u odnosu na 100% pokrivenost, primjenom GCR-a smanjena je potrošnja boje i pokrivenosti, srazmjerno stupnju primijenjenog GCR-a.

Tablica 7. Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti za proces ISONewspaper proces

ISONewspaper26v4	Slabi GCR	Jaki GCR
Udio novih suma pokrivenosti [%]	90,81	77,22

Slika 32 prikazuje omjere suma pokrivenosti površina za CMY dobivenih za vrijednosti koje podliježu najvećoj zamjeni. Lijevi graf prikazuje omjere pri korištenju slabijeg GCR-a, a desni graf prikazuje omjere pri korištenju jačeg GCR-a. Stupci 1 prikazuju udio prije GCR-a, a stupci 2 prikazuju udio poslije GCR-a.



Slika 32. Omjer suma pokrivenosti površina za CMY slabiji GCR (lijevo) i jači GCR (desno)

Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti CMYK i CMY površina prikazane su u tablici 8. Iz ovih vrijednosti jasno se iščitava ušteda boja pri korištenju određenog

stupnja GCR-a. Primjećuje se također da je ukupno smanjenje nanosa kromatskih boja (CMY) veće od ukupnog smanjenja nanosa svih boja (CMYK), što je i očekivano.

Tablica 8. Brojčane vrijednosti udjela novih suma pokrivenosti CMYK i CMY površina

ISONewspaper26v4.icc	Slabi GCR	Jaki GCR
Ukupno smanjenje nanosa boje (CMYK) (%)	213,134	213,075
Ukupno smanjenje nanosa boje (CMY) (%)	273,134	273,075

- Primjeri slika na kojima je primijenjena metoda GCR

Slike su prikazane redom u ovisnosti o korištenim profilima te jačinom primijenjenog GCR-a. Prvi dio (1.) slika odnosi se na ICC profil ISOcoated_v2.icc, a drugi (2.) na ICC profil ISONewspaper26v4.icc.

1. Ispitivanje metode na slikama za ISOCoated proces



Slika 33. Originalna slika za ISOCoated proces

Slika 33 prikazuje originalnu sliku s primjenjenim profilom ISOCoated_v2.icc



Slika 34. Slika s primijenjenim slabijim GCR-om (lijevo) i jačim GCR-om (desno)

Slika 34 prikazuje dvije slike na koje su u odnosu na originalnu sliku primijenjen određeni udjeli GCR-a. Na lijevu sliku je primijenjen slabiji GCR, a na desnu jaki GCR. Primjećuju se neznatna razlike između sve tri slike, nema pojave šuma te su boje na fotografijama s GCR metodom vjerno reproducirane.

Tablica 9 prikazuje udjele zamjene dobivene primjenom slabijeg (lijevi stupac) GCR-a i jačeg (desni stupac), za CMYK i CMY vrijednosti za ISO Coated proces. Vidljivo je iz rezultata da je veća ušteda nastala primjenom jačeg GCR-a, za gotovo 6 jedinica za CMYK, te 10 jedinica za CMY od originalnih vrijednosti.

Tablica 9. Prikaz udjela zamjene dobivenih primjenom slabijeg i jačeg GCR-a za ISOcoated proces

ISO Coated Light	ISO Coated Total
CMYK: 90,69	CMYK: 84,78
CMY: 85,80	CMY: 75,82

2. Ispitivanje metode na slikama za ISONewspaper proces



Slika 35. Originalna slika za ISONewspaper proces

Slika 35 prikazuje originalnu sliku s primjenjenim profilom ISONewspaper26v4



Slika 36. Slika s primijenjenim slabijim GCR-om (lijevo) i jačim GCR-om (desno)

Slika 36 prikazuje dvije slike na koje su u odnosu na originalnu sliku primijenjeni određeni udjeli GCR-a. Na lijevu sliku je primijenjen slabiji GCR, a na desnu jaki GCR. Primjećuju se neznatne razlike između originala i slike na koju je primijenjen slabi GCR, dok veće odstupanje sadrži slika s jačim GCR-om. Šum se pojavljuje samo na desnoj slici, lijeva je vjerno reproducirana.

Tablica 10 prikazuje udjele zamjene dobivene primjenom slabijeg (lijevi stupac) GCR-a i jačeg (desni stupac), za CMYK i CMY vrijednosti za ISONewspaper proces. Vidljivo je iz rezultata da je veća ušteda nastala primjenom jačeg GCR-a, za gotovo 23 jedinice

za CMYK , te 45 jedinica za CMY vrijednosti od originalnih vrijednosti što je i primjetno na samoj slici (36 desno).

Tablica 10. Prikaz udjela zamjene dobivenih primjenom slabijeg i jačeg GCR-a za ISONewspaper proces

ISO Newspaper Light	ISO Newspaper Total
CMYK: 90,11	CMYK: 77,67
CMY: 80,23	CMY: 55,50

8. ZAKLJUČAK

Cilj istraživanja je bio utvrditi utjecaj GCR metode na potrošnju boja, kolorimetrijsku razliku prije i poslije primjene metode, njen rezultat primijenjen izravno na slike te pojavljuje li se šum na tim slikama.

Postavljena hipoteza na početku istraživanja: kolorimetrijska odstupanja boja prije i poslije primijenjenog GCR moguće je smanjiti upotrebom točnog modela na domeni kolorimetrijskih gustoća.

Rezultati istraživanja doveli su do zaključka da primijenjena GCR metoda sadrži i prednosti i mane. Prednosti ove metode su prije svega njena ekonomičnost u vidu korištenja manje kromatskih (CMY) boja te više crne boje (K), također prirast rastertonske vrijednosti je manje izražen zbog manjeg ukupnog nanosa, vrijeme sušenja je smanjeno te su problemi s registrom smanjeni zbog dominacije crne boje koja pokriva većinu obrisa.

Mana primjene korištene metode je izražena ako se metoda primjenjuje izravno na sliku, vrijeme trajanja obrade jedne slike može biti jako dugo, čime se dragocjeno vrijeme gubi, no GCR metoda kao ovakva nije zamišljena da se primjenjuje izravno na slike već na same ICC profile, gdje je vrijeme primjene relativno kratko. Također ranije u radu su spomenuti određeni stupnjevi GCR primjene, pa tako možemo zaključiti iz naših primjera da nije uvijek potrebno koristiti maksimalni GCR jer rezultat nije uvijek zadovoljavajuć, pojava šuma i preveliko kolorimetrijsko odstupanje daju sliku loše kvalitete. Da bi se takvo što izbjeglo potrebno je primijeniti onaj stupanj GCR koji će rezultirati zadovoljavajućom slikom.

9. LITERATURA

- [1] Giorgianni, E.J., Madden, T.E. (2008). *Digital Color Management: Encoding Solutions Second Edition*, Wiley, Chichester
- [2] Homann, J-P. (2009). *Digital Color Management Principles and Strategies for the Standardized Print Production*, Springer, Berlin
- [3] US Ink[®] A Division of Sun Chemical Corporation, *UCR and GCR WHAT ARE THEY?*, Volume XV June 1996 Dostupno na: <http://www.usink.com/acrobat/ucrgcr.pdf> datum pristupa : (21.3.2015)
- [4] Johansson K., Lundberg P., Ryber R.(2011.) *A Guide to Graphic Print Production, Third Edition*, Published by John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey
- [5] Rodney, A. (2005). *Color Management for Photographers Hands on Techniques for Photoshop Users*, Focal Press, Burlington
- [6] Strgar Kurečić, M., *Karakteristike višebojne reprodukcije*. Dostupno na: http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/8.i%209.predavanje%20-%20KARAKTERISTIKE%20VISEBOJNE%20REPRODUKCIJE.pdf datum pristupa; (24.3.2015)
- [7] Tung-Lin Wu, Yen-Hsing Wu and Yu-Chu Huang, *A Table-based Ink-reducing Approach with estimating ink limitation of media and Gray Component Replacement for Printing Devices* Printing System Department of Opto-Electronics & Systems Laboratories Industrial Technology Research Institute Hsinchu, Taiwan IS&T's NIP20: 2004 International Conference on Digital Printing Technologies
- [8] Shoji Tominaga, *A Color Mapping Method for CMYK Printers and Its Evaluation* Osaka Electro-Communication University Neyagawa, Osaka, Japan 1996 The Fourth Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications

- [9] Byoung-Ho Kang, Min-Ki Cho, Heui-Keun Choh and Chang-Yeong Kim, *Black Color Replacement using Gamut Extension Method Imaging Solution Program Team*, Samsung Advanced Institute of Technology, Giheung, Republic of Korea
- [10] Li Yang *Color-based maximal GCR for electrophotography* Department of Chemical Engineering, Karlstad University 65188 Karlstad, Sweden Sasan Gooran, Magnus Eriksen and Tobias Johansson, Department of Science and technology, Linköping University, 60174 Norrköping, Sweden
- [11] Raja Balasubramanian and Reiner Eschbach *Design of UCR and GCR Strategies to Reduce Moiré in Color Printing Color and Digital Imaging Systems Lab*, Xerox Corporation Webster, New York, USA
- [12] Swati Bandyopadhyay and Subhendu Mandal, *Effect of Gray Component Replacement on Color Reproduction* Printing Engineering Department Jadavpur University Calcutta, West Bengal, India
- [13] Abhay Sharma, *Evaluation of Ink Optimization Technology in Offset Color Printing* School of Graphic Communications Management, Ryerson University, Toronto, Canada M5B 2K3
- [14] Kang, Henry R., (2006) *Computational color technology / Henry R. Kang.*, SPIE—The International Society for Optical Engineering P.O. Box 10 Bellingham, Washington
- [15] Strgar Kurečić, M., *Osnove o boji 3.dio*, Dostupno na:
http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI%203.dio.pdf
 datum pristupa: (29.3.2015)
- [16] Clarence R. Gutteridge Jr. (1968.) *A THEORETICAL INVESTIGATION OF COLOR CORRECTION MASKING FOR THE GRAPHIC ARTS*, The Faculty of the School of Photographic Arts and Sciences, Rochester Institute of Technology

[17] *About Matlab-Introduction to Matlab*, Dostupno na:

<http://www.mathworks.com/videos/introduction-to-matlab-81592.html> datum pristupa:

(25.5.2015)

[18] Donevski D., Poljičak A., Strgar-Kurečić M.; *Colorimetrically accurate gray component replacement using the additive model*, neobjavljeni članak