

VIZUALNI I INFRACRVENI SPEKTAR ZA BOJILA DIGITALNOG TISKA

Aleksandra Bernašek, Jana Žiljak Vujić, Vesna Uglješić

Tehničko Veleučilište u Zagrebu

Sažetak

INFRAREDESIGN tehnologija koristi bojila na dva načina: kao *spot* bojila te kao procesni sastav koji je nastao s CMYKIR separacijom. Objavljeni radovi koristili su spektroskopiju u istraživanju bojila samo u vizualnom spektru. Z vrijednost bila je zadana i mjerena ZRGB kamerama. Numerički prikaz apsorpcije svjetla u rasponu od 700 do 900 nm nije se mogao utvrditi. S novim uređajem, *Projectina Docucenter 4500*, koji je postavljen na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu, istraživanja su znatno napredovala. Prvi rezultati su spektar pojedinačnih procesnih bojila žute, magente i cijana. Eksperimentalno je utvrđeno djelovanje karbon crnog bojila na procesna bojila kao numerička osnova za daljnja istraživanja dvostrukih informacija u vizualnom i infracrvenom spektru. Dati su vrhovi apsorpcije svjetla pojedinačnih procesnih bojila čime se smanjuje broj iteracija u traženju izjednačavanja spektra „vizualnih“ bojila s bojilima koja će se izdvojiti tek u Z točki bliskog infracrvenog spektra. Premda je *Projectina* forenzički instrument, u ovom radu *Projectina* se koristi za sređivanje znanja u manipulaciji miješanja bojila na području dizajniranja dvostrukih informacija.

Istovremeno se istražuje kontinuirana apsorpcija svjetla te stanja dvostruke slike preko skeniranja u desetak barijera. Potpuno nov pristup izučavanja bojila preko spektralnih krivulja apsorpcije i refleksije svjetla ima cilj postavljanja sistematizacije u miješanju bojila prema teoriji INFRAREDESIGN.

Ključne riječi: *infraredesign, spektrofotometrijska mjerenja*

Abstract

INFRAREDESIGN technology uses dyes in two ways: as a spot dye and as a processing structure formed by CMYKIR separation. In the dye studies, previously published articles have only used spectroscopy in the visual

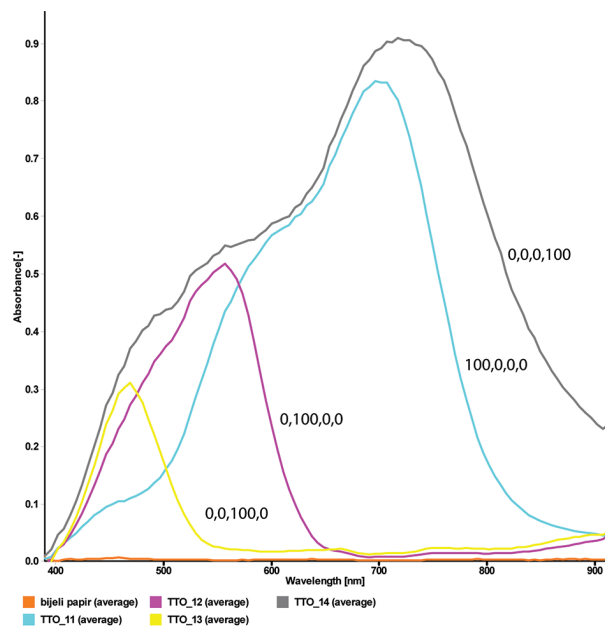
spectrum. Z value was assigned and measured by ZRGB cameras. Numeric display of light absorption in the 700 to 900 nm range could not be determined. With *Projectina Docucenter 4500*, a new device set at Polytechnic of Zagreb, research has progressed significantly. The first results show the spectrum of single process dyes of yellow, magenta and cyan. The effect of carbon black ink on the process of dyes as a numerical basis for further research of dual information in the visual and infrared spectrum was experimentally determined.

The peaks of the light absorption of the individual process dyes are given which reduces the number of iterations in the search of equalizing the spectrum of “visual” dyes with dyes that will extract only the Z point of near infrared spectrum. Although *Projectina* is a forensic instrument, *Projectina* is here used for assortment of knowledge in manipulation of the mixed dyes in the area of dual information design. At the same time we explore the continuous absorption of light and the state of dual images through scanning in ten barriers. A completely new approach to the ink through the spectral curve of the absorption and reflection of light is aimed to set the systematization of mixing the dyes according to the INFRAREDESIGN theory.

Key words: *Infraredesign, spectrophotometric measurements*

1. Uvod

Boja je doživljaj u ljudskom oku pa su se apsorpcija i refleksija svjetla s bojila istraživala za vizualno (V) područje. Otkad je otvorena tehnologija INFRAREDESIGN-a s mnogim primjerima izrade dvostrukih informacija, bojila i njihova svojstva apsorpcije svjetla intenzivno se proučavaju u infracrvenom spektru [2, 3]. Bilo je to rezervirano područje za sigurnosne papire, dokumente, novčanice.



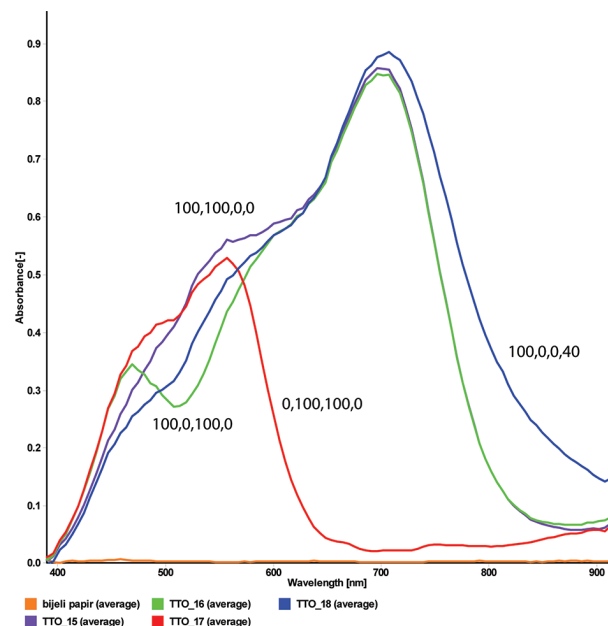
Slika 1. Y, M, YM mješavina, YMK40 mješavina, spektr izvoden Projectinom

Bojila su različita u temi o apsorpciji svjetla u ultraljubičastom i infracrvenom spektru. Neka imaju samo kratki prostor apsorpcije svjetla, ograničen samo na vizualni dio koji se numerički izražava kao područje od 400 do 700 nanometara. Neka bojila imaju širinu koja se proteže izvan vizualnog dijela u NIR dio (*near infrared* – blisko infracrveni spektar od 700 do 1300 nm). To je od velike koristi u razdvajanju bojila na ona koja se ne vide niti Z kamerom (apsorpcija svjetla na 1000 nm) od onih bojila koja se vide samo Z kamerom. Projekti miješanja bojila usmjereni su na postizanje vidljivog i nevidljivog u pojedinim spektralnim područjima: UV, V i NIR. Na taj način stvara se dvostruka slika [1].

2. Spektri procesnih bojila

U ovom radu definira se V spektar i Z spektar. Između je prostor koji preskačemo. Tu je miješanje dviju slika od kojih se svaka mora vidjeti u planiranom, zadanom spektru.

Na slici 1. dat je prikaz grupe bojila u kojima prevladavaju žuta i magenta. Po IRD teoriji, dodavanjem karbon crnog bojila apsorpcija svjetla proteže se u nevidljiv prostor do 900 nm. Z kamera prepoznaje tu apsorpciju kojom možemo upravljati. Bojila žuta (Y) i magenta (M) zauzimaju lijevi vizualni dio spektra. Isto je i s njihovim mješavinama. Dodavanjem karbon K crnog bojila ulazi se u NIR prostor koji se



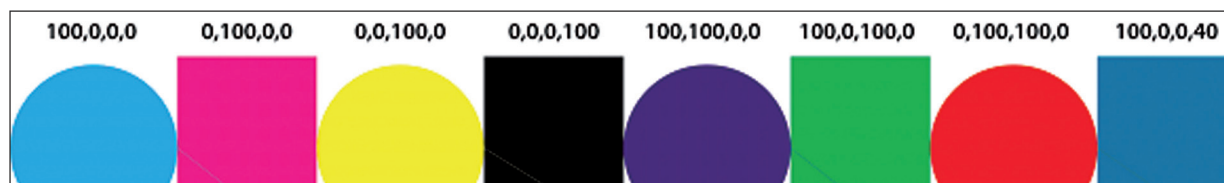
Slika 2. C, CK40 mješavina

promatra instrumentalno. Između je prostor od 700 do 800 nm koji miješa ostatke vizualnog i infracrvenog spektra.

Bojilo cijan je na desnom rubu vizualnog spektra i prelazi u NIR prostor. Gubi se potpuno na 800 nm. Na 900 nm razdvojili su se cijan i K. Kamera za registraciju infracrvenog spektra izdvaja sliku koja nastaje s mješavinama koje imaju u sebi karbon crno bojilo. Na slikama 1. i 2. C, M, Y su date u 100% pokrivenosti, a K je dat sa 40% pokrivenosti.

3. Koncept Projectine 4500

Projectina Docucenter 4500 koristi se u svrhu provjere dokumenata i vrijednosnica, nudi optimalne mogućnosti primjene u znanstvenoj forenzici te u istraživanju sigurnosne grafike. Performanse ovog uređaja daleko su naprednije od konvencionalnih uređaja za forenziku u ovoj grani grafičke industrije. Uređaj ima vidno polje 180 x 135 mm, 10 integriranih izvora svjetlosti, modul filtara s 84 pozicije filtara te motoriziran odabir filtara valne duljine od 380 do 720 nm i propusnosti (*bandwidth*) od 5 do 340 nm. Također, ima digitalnu kameru rezolucije 1280 x 1024 piksela, optički modul za povećanje u rangu od 2,2x do 80x, forenzički skener i sistem za spektralnu analizu kojim se utvrđuje ultraljubičasto, vizualno i infracrveno stanje dokumenta. Ultraljubičasto područje selektivno



Slika 3. Za spektar sa slike 1 i 2

se detektira na 365, 313 i 254 nanometra. Infracrveni spektar motorizirano se filtrira na 715, 735, 780, 830, 850 i 1000 nm. U vizualnom spektru izdvaja se stanje predloška na 350-680, 610, 630, 645, 665 i 695 nm [4, 5].

Novo područje izučavanja i nov pristup vrijednosnicama i dokumentima omogućuje se određivanjem spektralne analize. *Projectina* ima spektroskopski modul za 6,4 nm optičku rezoluciju, 360 do 1100 nm spektralni talon za bijeli balans. Modul „SP-2000-USB“ omogućuje baždarenja instrumenata koji se izgrađuju na TVZ-u [4].

Dio cijelog forenzičkog sustava je i *software* PIA-7000 za slikovnu interpretaciju s funkcijama za procesiranje slike koji omogućuje stvaranje i pretraživanje slikovne baze podataka. Software također služi za istraživanje spektralne

analize s različitim vrstama spektralnih prikaza koje generira spektroskopski modul SP-2000. Komparacije spektralnih mjerenja odvijaju se upravo preko tog programa [6].

Ovakav forenzički instrument središte je u predmetima koji sadrže teme izgradnje računarskih modula, projektiranja inovacija i razumijevanja slike u širem spektru izvan dometa ljudskog oka. Forenzičke teme su i na specijalističkim seminarima.

Do danas nije bilo mogućnosti da se napravi spektrogram u UV, VS i IR području, a koji je uvjet za dokazivanje autentičnosti dokumenta. Ovakav instrument unaprjeđuje stručni i znanstveni rad jer su tvrdnje u radovima za objavljivanje zasnovane na mjerenjima fizikalnih vrijednosti na kvalitetan način.

Tablica 1. Izvori svjetlosti integrirani na uređaju *Projectina Docucenter 4500* [4]

	FILTAR BG38	BARIJERNI FILTRI	EKSCITACIJSKI FILTRI
Svjetlo vizualnog spektra (REMI)	da	niti jedan	neutralni
UV 365 nm	da	niti jedan	niti jedan
UV 254 nm	da	niti jedan	niti jedan
UV 313 nm	da	niti jedan	niti jedan
DIA IR	da / ne	niti jedan ili 715 – 1000 nm	niti jedan
DIA UV	da	niti jedan	niti jedan
RETRO	da	ne	ne
EPI (IR apsorpcija)	da / ne	niti jedan ili 715 – 1000 nm	niti jedan
LUMI (IR luminiscencija)	ne	630 – 1000 nm (630 – 715 nm)	DOCU ili daljnji filtri
REMI (IR apsorpcija)	ne	715 – 1000 nm	niti jedan
IR 980 nm	da	niti jedan	niti jedan

Postoji više vrsta osvjetljenja kojima možemo promatrati različite uzorke, uz pravilno podešene postavke. Za svaki uzorak posebno su definirani uvjeti osvjetljavanja, kako bi dobili što preciznije i točnije rezultate. U tablici 1. definirani su zadani uvjeti za svaki svjetlosni izvor.

BG38 je standardni filter koji služi za blokiranje viška crvenog tona iz IR spektra te dobivanje vjernije reprodukcije boja u vizualnom spektru. Također, pomaže postizanju boljeg kontrasta kod UV osvjetljenja te pojačava vidljivost zasebnih fluorescentnih boja [6].

DOCU je širokopojasni ekscitirajući filter koji pokriva područje od otprilike 380 do 570 nm te se standardno koristi pri ispitivanju luminiscentnih sigurnosnih oznaka na dokumentima, razlika između tragova različitih tinti ili tragova običnih olovaka, kemijskih i mehaničkih brisanja, adheziva, rezidualnih tragova itd.

4. Zaključak

Spektar u prvom dijelu NIR-a omogućuje razumijevanje kreiranja dvostruke slike numeričkim metodama. Popravljanje vrijednosti pokrivenosti bojila na papiru, platnu ili plastici usmjereno je na relativnu udaljenost pikova čistih procesnih bojila. Ovaj rad je referentan za planiranje miješanja bojila u postizanju jednakosti dva bojila u vizualnom spektru. Iterativni postupak skraćivat će se za zadanu vrijednost K od 40% ta vrijednost je referentna za odazivanje skrivene slike u NIR spektru. Zbog toga se prikazala točka Z i vrijednosti apsorpcije svih procesnih boja. Mali prostor između 700 i 800 nm uvijek je bio sporan, nerazjašnjen, forenzički interesantan. U ovom radu prikazano je to područje gdje se razdvajaju spektri bojila: bojila koja se proučavaju samo za vizualni spektar našega oka od onih bojila koja imaju apsorpciju i u NIR-u.

Uređajem *Projectinom* skenirane su slike procesnih bojila i njihovih mješavina s barijerama od 570 do 1000 nm. Čistoća snimljenih slika i razdvajanje u NIR-u pokazuje se tek iznad 850 nm. Prostor između 700 i 800 nm tipičan je za utvrđivanje sastava bojila, za forenzičko ispitivanje materijala što se postiže skeniranjem u barijerama toga područja.

5. Dodatak: Rječnik, kratice i pojmovi u radu

RGB boje: crvena, zelena, plava

CMY boje i bojila: cijan, magenta, žuta

V ton je ton boje u cijelom vidnom spektru od 400 do 700 nm, RGB boje. CMY boje i bojila koja nastaju od njihovog sastava odazivaju se izvan V spektra do 750 nm. Njihove informacije ne razmatramo. Preskačemo spektar od 700 do 850 nm. Tretiramo taj prostor kao miješanje V i Z svojstva bojila.

Z spektar je NIR područje u okolini 1000 nm, od 850 do 1100 nm. Ne ulazi područje od 700 do 850 nm koje nosi informacije iz proširenog V spektra. NIR detekcijske kamere podešavamo prema Z točki od 1000 nm.

V bojilo: V bojila apsorbiraju svjetlo samo u V spektru. Vrijednost Z za V bojila jednaka je nuli.

V kamera bilježi RGB vrijednosti.

ZRGB kamera bilježi dvije slike: RGB i Z sliku na 1000 nm.

Z kamera bilježi vrijednost Z s materije, reflektiranu NIR svjetlost na 1000 nm.

5.1. Opis pojmova u radu

Luminiscencija je emisija elektromagnetskog zračenja, pretežito svjetlosti, ali i ultraljubičastog i infracrvenog zračenja, koje nije pobudeno termičkim procesom i povišenom temperaturom tvari već nastaje kao posljedica primanja energije u nekom drugom obliku, ide od UV zračenja, preko vidljivog pa sve do IR spektra zračenja. Materijal luminiscira kada se primanjem energije elektroni u atomu prvo pobude u više energetsko stanje, a nakon toga se emisijom dijela ili ukupne dobivene energije vraćaju u obliku zračenja u prvobitno, osnovno stanje. Ako se luminiscencija javlja za vrijeme trajanja pobude ili 10^{-8} sekundi poslije, radi se o fluorescenciji; opaža li se nakon što pobuda stane, radi se o fosforescenciji. Fluorescencija je pojava kada neke stvari svijetle obasjane zračenjem niže energije (npr. UV). Spektar luminiscentnog zračenja karakterističan je za svaku pojedinu tvar pa se uspješno koristi za detekciju određene tvari u uzorku. Luminiscencija se primjenjuje u različitim izvorima svjetlosti, a najviše za fluorescentnu rasvjetu [7].

Refleksija svjetlosti je promjena smjera širenja svjetlosne zrake (vala), tj. odbijanje zrake svjetla od nekog objekta čime mijenja smjer svog širenja. Promjena smjera opisuje se pomoću upadnog kuta i kuta refleksije, točnije, upadni kut jednak je kutu refleksije. Pošto većina realnih tijela nema savršeno glatku površinu, normale na površinu biti će različite za pojedine upadne zrake svjetlosti dok su upadni kutovi uvijek isti, odnosno, na grubljim površinama reflektirane zrake bit će raspršene u različitim smjerovima. Zato refleksiju dijelimo na zrcalnu i difuznu [7].

Apsorpcija svjetlosti (zračenja) je prijenos energije valova na materiju prilikom prolaza vala kroz nju; upijanje različitih vrsta elektromagnetskog zračenja (UV i IR zračenje, svjetlost, toplinsko, rendgensko, radiovalovi i gama zračenje) koje se pritom pretvara u toplinu ili neki drugi oblik energije. Iznos apsorpcije ovisi o tvari koja upija i njezinoj debljini. Tvari selektivno upijaju određene vrste zračenja, npr. žuto staklo (filtar) propušta zeleni i crveni dio spektra, a apsorbira plavi [7].

Transmisija svjetlosti je prenošenje svjetla kroz medij bez promjene valne duljine. Ovisno o fizikalnim svojstvima materijala, dio spektra će se reflektirati i/ili apsorbirati, a ostatak će biti transmitiran.

Spektroskopijom proučavamo interakciju elektromagnetskog zračenja i materije.

Spektrograf je instrument za analizu spektra elektromagnetskog zračenja, sastoji se od optičke prizme ili optičke rešetke koji služe za rastavljanje elektromagnetskog zračenja na spektar. Spektrografi se koriste za analizu vidljivog, infracrvenog ili ultraljubičastog zračenja.

Spektrometar je uređaj za mjerenje intenziteta komponente elektromagnetskog zračenja određene valne duljine. Sastoji se od izvora zračenja, monokroma i detektora (fotomultiplikatori, fotoosjetljive diode ili CCD čip – vidljivo i ultraljubičasto područje zračenja, te termoosjetljivi otpornici ili bolometri u IR području). Spektrometar će izmjeriti intenzitet određene valne duljine elektromagnetskog zračenja koji je uzorak emitirao, apsorbirao ili reflektirao.

6. Reference

- [1] Žiljak, Vilko; Pap, Klaudio; Žiljak-Stanimirović, Ivana; Žiljak-Vujić, Jana; „Managing dual color properties with the Z-parameter in the visual and nir spectrum“ // *Infrared physics & technology*. 55 (2012); 326-336 (CC, SCI, SCI Expanded, IF 0.932). <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.02.009>
- [2] Agić, Darko; Agić, Ana; Bernašek, Aleksandra; „Blizanci bojila za proširenje Infra informacijske tehnologije“; *Polytechnic & Design*; Vol. I, No. I, 2013. p: 27-32; ISSN 1849 - 1995; http://polytechnicanddesign.tvz.hr/?page_id=202
- [3] Žiljak Vujić, Jana; Rajković, Ivan; Žiljak Stanimirović, Ivana; „Simultano video snimanje u vizualnom i infracrvenom spektru proširene V/Z stvarnosti“ *Polytechnic & Design*; Vol. II, No. I, 2014. p: 73-79; ISSN 1849 - 1995; <http://polytechnicanddesign.tvz.hr/vol-ii-no-i-2014/>
- [4] Projectina Docucenter 4500, Operation manual, Projectina AG, Switzerland
- [5] PIA 7000 manual, Projectina AG, Switzerland
- [6] <http://www.forensictechnology.com/projectina/>
- [7] Billmeyer and Saltzman's, Principles of color technology, Third edition, Roy S. Berns, ISBN 0-471-19459-X

AUTORI

Aleksandra Bernašek, dipl. ing. graf. teh. - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

Vesna Uglješić, dipl.dizajner - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 1, No. 1, 2013.

Doc. dr. sc. Jana Žiljak Vujić - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 2, No. 1, 2014.