

Simulacija boja iz prirode s blizancima bojila za kamuflažu vojne odore

Doc.dr.sc. **Jana Žiljak Vujić**, prof.vis.šk.¹

Marko Zečević, dipl.ing.²

Prof. emeritus **Vilko Žiljak**³

¹Tehničko veleučilište u Zagrebu

²Hrvatsko vojno učilište „Petar Zrinski“

Zagreb, Hrvatska

³Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet

e-mail: vilko@ziljak.hr

Prispjelo 5.12.2014.

UDK 677.027.4/.5:677.016.424

Izvorni znanstveni rad

INFRAREDESIGN se bazira na ideji spajanja grafika bojanjem sa dvije skupine bojila jednakog tona boje: V bojila i Z bojila. Uvodi se pojam blizanaca: jednake boje u vizualnom spektru u sustavu doživljaja RGB-a (crvena, zelena, plava). Blizanci bojila različito apsorbiraju infracrvenu valnu duljinu svjetlosti. Kreiraju se bojila blizanaca koja se razlikuju tek po vrijednosti apsorpcije u bliskom infracrvenom dijelu spektra, odnosno NIR svjetla na 1000 nm. Simulacijom boja iz prirode na kamuflažnu vojnu odjeću postignut je cilj: uklapanje vojnika u prirodnu osnovu koja ga okružuje u dva spektralna područja, vidljivom i infracrvenom. Infracrveno Z bojilo nosi skrivenu informaciju koja se otkriva u programiranim uvjetima. Postupak INFRAREDESIGN tehnologije omogućuje vojniku da prikriveno djeluje na bojnopolju i neopaženo izvrši zadanu misiju. IRD Informacija je nevidljiva, zaštićena od naših očiju. Z - IR kamera ima dvostruku zadaću: otkriti i pročitati informaciju.

Ključne riječi: vojna odora, INFRAREDESIGN, individualno rastriranje, spektar bojila blizanaca

1. Uvod

Matematički modeli i osnova reprodukcije grafičke tehnologije zasnovani su na CMYKIR separaciji bojila [4]. Prvi testovi koristili su boje iz prirode u svrhu postizanja kamuflažnog sustava s dvostrukim informacijama koje se razdvajaju u vidljivom i infracrvenom dijelu spektra [5]. Znak, tekst, ili kod vidljiv u infracrvenom dijelu spektra koji se nalazi na komadiću tkanine koja se, u za to predviđenom trenutku, dodaje-prilijepi na odoru (pomoću „čička“)

može poslužiti vojnom izvidniku ili komandosu da se pri povratku iz neprijateljskog područja, kada se kreće prema položajima svojih postrojbi, prepozna kao „prijateljski“ vojnik. Time se može izbjeći *fratercid* (otvaranje vatre na prijateljskog vojnika kojeg se zamijeni za protivnika). Postoje mnoge vrste informacija koje se mogu „skriti“ u vojnoj odori u selektiranom infracrvenom dijelu spektra. Informacija o krvnoj grupi vojnika koji nosi tu odoru, kodira se za prepoznavanje samo za kamere s

prikladnim programom. Ta informacija može biti od presudne važnosti sanitetu ukoliko je vojnik ranjen i bez svijesti.

Priroda (flora i fauna) ima svoje boje, vlastita svojstva apsorpcije ultraljubičastog i infracrvenog dijela Sunčeve svjetlosti. Dosadašnja kamuflažna odjeća bavila se samo vidljivim dijelom svjetla poistovjećanjem bojila i prirode. Namjera je proširiti znanja o apsorpciji i refleksiji svjetla s ciljem stvaranja novog upravljanja bojama i bojilima („color/ colorant

managementa“) [2]. Teorijske osnove INFRAREDESIGN [6] postaju primjenljive u vojne svrhe u području kamuflaže opreme i odore. U informacijski sustav uvodi se zajedništvo doživljaja boja i materijalna svojstva bojila kako bi se izjednačili prostor koji se odnosi na prostor boja koje dolaze iz prirode.

Sustav ZRGB kamera se sastoji od dviju kamera spojenih tako da su fokusirane na isti objekt. Prva Z kamera filtrira samo blisko infracrveno svjetlo u vrijednosti Z na 1000 nm. Druga kamera snima samo vidljivi dio spektra od 400 do 1000 nm. U kamere ne ulazi svjetlosni prostor od 700 do 900 nm jer se u tom dijelu spektra miješaju vidljivi ostatci svjetla i početak bliskog infracrvenog svjetla. Simulacija sa procesnim bojilima je razvijana u nekoliko koraka [4] u ovisnosti o materijalu na koje se trebaju ugraditi V i Z grafike. Vojna odora je veoma zahtjevna za podešavanje blizanaca jer se spajaju dvije raznorodne tehnologije [5]. Izrada tekstilnih materijala sa svojstvima bojila računarskog *Inkjet tiska* uz uvjet održanja boja, odnosno postojanosti obojenja na pranje i atmosfersko djelovanje. Ova istraživanja uključuju problem dodira blizanaca bojila kroz individualizirano rastiranje. Svakoj komponenti bojila pridružuje se poseban rasterski element [7]. Prvi radovi o kamuflažnoj INFRARED odjeći proučavaju odnos okoline iz prirode i tiskane tkanine [8]. Nedostaci takovih istraživanja su uočeni i detektirani kao sudar blizanaca bojila. To je otvorilo nov način istraživanja svojstva komponenti bojila kroz spektralne postupke skeniranja otisaka [9, 10].

U ovom radu se prikazuje tisak vojne kamuflažne odjeće koristeći svojstva bojila i u vidljivom i u infracrvenom spektru. Znak, tekst, ili kod unesen je na vojnu odjeću, otisnut bojilima koja se ne vide golim okom, sl.1. Takvu Z oznaku [1] na tako koncipiranoj i realiziranoj odjeći prepoznaje infracrvena kamera, koja preskače vizualni spektar. Bojila su zasnovana na

teoriji bojila blizanaca [2] koja imaju jednaki ton boje a različite materijalne sastave ovisno o svojstvima apsorpcije infracrvenog svjetla. Za IRD tehnologiju koristi se ZRGB dvostruka kamera [3] kako bi se istovremeno utvrdilo vizualno i infracrveno stanje informacija na odori, njihove razlike te povezanost tih informacija s vojnikom. ZRGB kamera omogućuje dvostruko digitalno bilježenje V i Z grafike koje se nalaze na istom mjestu ali se odvojeno manifestiraju, svaka u svom spektru.

2. Metodika rada i rasprava

Cilj je napraviti V kamuflažu zajedno sa sakrivanjem Z informacije. Boje iz prirode su svijetle, tamne, žarke npr. kao boje cvijeća na sl.2; žuto, ljubičasto, crveno. Kamuflaža s odjećom koristi nekoliko tonova većih površina. Svi tonovi boja i bojila iz prirode podvrgavaju se spektralnoj analizi.

2.1. Sakrivanje informacija u vidljivom dijelu spektra

Postoje dva stupnja sakrivanja, sl.1. Prvi je prirodni okoliš i bojila koja simuliraju taj okoliš. Drugi stupanj je sakrivanje informacija unutar odnosa dvaju bojila, dvaju bojila blizanaca. Uniforma se tiska digitalnim tehnikama s procesnim bojilima: Cijan, Magenta, Y-žuta i K-crna. Ton boje iz prirode se simulira s dva bojila jednakog tona kao i okolina. Prvo bojilo je namijenjeno samo simulaciji boja



prirode s poistovjećanjem u vidljivom spektru. To bojilo ne **apsorbira** IR svjetlo. Drugo bojilo ima ta svojstva jednaka u vidljivom spektru, ali u infracrvenom spektru se pokazuje „vidi“ kao Z vrijednost koja nosi skrivenu informaciju, koje ljudsko oko ne vidi. Ta dva CMYK bojila se razlikuju u strukturi sastava CMYK komponenti a njih razlikuje ZRGB kamera.

Budući da se želi izraditi blizanci primjenom konvencionalne i digitalne tehnike bojadisanja tekstila i kože, potrebno je izraditi spektar boja flore [8, 11]. Simulirane su boje prirode s bojilima iz digitalnog plotera. Simulacija znači dobivanje obojenja blizancima bojila jednakih s prirodom. Bojila za tisak se definiraju sa CMYK komponentama za digitalni ploter. Sakrivanje unutar blizanca je uspješno samo ako su blizanci kvalitetni u smislu V i Z blizanca istog V stanja. Kvaliteta blizanaca boja i bojila je u kompromisu koji se definira veličinom ukupne razlike u boji (ΔE). Zadovoljenje tog kriterija je veličina ΔE do 3. Održavanje te vrijednosti ovisi o stabilnosti izabranih bojila i njihove otpornosti na djelovanje vlage i vanjskog svjetla. Cilj je unaprijediti smanjenje vidljive razlike blizanaca bojila s uvođenjem „razvedenih rasterskih oblika“.

2.2. Spektri boja flore u prirodi

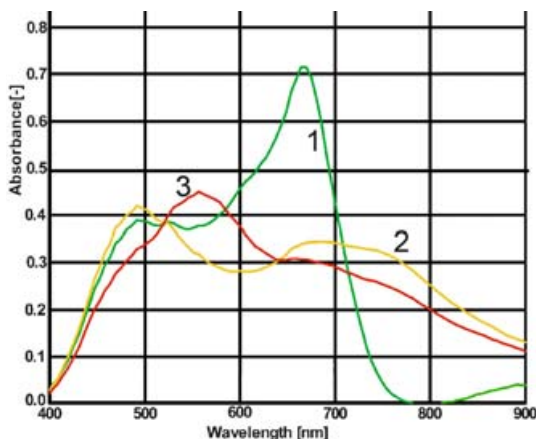
Priroda može imati boju sa znatnom Z vrijednošću. Tada je nosilac skri-



Sl.1 Pustinjska odora i kožni remen sa skrivenom informacijom



Sl.2 Flora (mačuhica) u vizualnom i infracrvenom ZRGB snimanju



Sl.3 Spektralne karakteristike: zelenog lista djeteline (1), maslačka (2) i cvijeta djeteline (3)

vene informacije bojilo koje ima vrijednost Z jednaku nuli. Spektar boja iz prirode određuje odluku koje bojilo blizanaca će izdvajati skrivenu informaciju.

Flora i fauna imaju svoje boje, određena svojstva apsorpcije ultraljubičastog i infracrvenog dijela Sunčevog zračenja. Boja kože, dlaka, krvi i mesa iz svijeta faune su izdvojeni zadatak izvođenja informacije s pretenzijom da se sakrije od ljudskog oka. Fauna ima veoma raširen spektar u infracrvenom području, što traži drugačiji pristup slaganju boja (bojila) nego kada se promatra boja flore u okolini. Postupak IRD je jednak za floru i faunu ali se izbor bojila mora odrediti prema okolini u kojoj se kreće vojnik. Na isti način, ali s različitim IRD rješenjima, izučava se kretanje vojnika u pješčanoj okolini, u šumi, u gradskom urbanom okruženju ili u kamenitom predjelu.

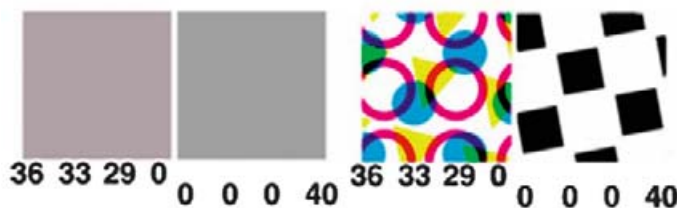
Na sl.3 prikazani su spektri dobiveni skeniranjem flore. Nakon 1000 nm nema više izdvojenih informacija

koje bi omogućile razvrstavanje flore prema svojstvu apsorpcije svjetla tih valnih duljina. Metodom [6] INFRA-REDESIGN postavljena je simulacija tih tonova kako bi s tiskarskim tehnikama poistovjetili boje u vidljivom dijelu spektru veće od 700 nm i spektre boja flore manje od 700 nm.

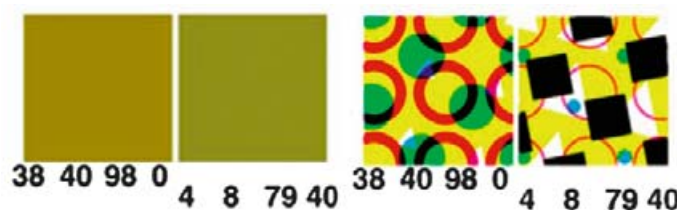
2.3. Simulacija boja prirode s blizancima bojila i individualiziranim rastriranjem

Rastriranje se izvodi s PostScript postupkom koji omogućuje kreiranje individualiziranih, „osobnih rasterskih oblika“ [7]. Izbor modela rastera je takav da stvara vidljivi „vibrirajući efekt“ na mjestima dodira dvaju različita bojila jednakog tona boje. Taj poremećaj u kontinuitetu međusobnih prelaza površina istih boja, a različitog sastava, je ujedno i novi način rješavanja moarea.

Ulazni podaci u CMYK digitalnu proceduru popunjavanja rasterske ćelije su: vrijednost pokrivenosti površine koja se rastrira, te koordinate x, y unutar rasterske ćelije s domenama od -1 do +1. U radu su date originalne relacije s mutacijskom modifikacijom za krug i prsten, a koje su objavljene u knjizi J. Žiljak Vujić „Sigurnosna grafika“ [7]. Tisak vojne odore na platnu (pamučnoj tkanini platnenog veza) je izrađen digitalno [8]. Digitalni tisak blizanaca na platnu izvodi se tehnikom rastriranja s procesnim bojilima [9]. Prikazana su dva tona u dva para blizanaca: sivi ton (sl.4) i maslinasti ton (sl.5). Na sl.4 i 5 su prikazani isti blizanci boja da se ne vide rasterski elementi s golim okom (60 lpc) te isti blizanci s grubom linijaturom od tek jedan rasterski element u centimetru. Tek vi-



Sl.4 Sivi blizanci u visokoj (60 lpc) i niskoj (1 lpc) linijaturi



Sl.5 Maslinasti blizanci u visokoj (60 lpc) i niskoj (1 lpc) linijaturi

soka linijatura daje doživljaj jednako tona dvaju blizanaca.

Blizanci bojila su prikazani na dva načina: u niskoj linijaturi od jedne linije po centimetru (lpc). Na prvi pogled ima se dojam kao da ti blizanci ne proizvode jednaki ton boje. Tek kada se blizanci promatraju u visokoj linijaturi na 60 lpc doživljava se blizance s jednakim tonom boje. S niskom linijaturom provjerava se kvaliteta individualiziranih rasterskih oblika. Cijanu je pridružen kružni oblik, magenti prstenasti, žutoj oblik trokuta, a crnom bojilu je pridružen kvadratični oblik rasterskog elementa. To je dopuna sustavu zaštite u infracrvenoj grafici. Desni blizanac se odziva u Z spektru. Lijevi blizanac nema pozitivnu Z vrijednost i njega ne vidi infracrvena kamera. Lijevi i desni blizanac su jednakih tonova boje za spektroskopske instrumente i za ljudsko oko, tek kod rezolucije veće od 40 linija po centimetru.

Blizanci pojedinih tonova prikazani na sl.4 i 5 imaju jednake vrijednosti pokrivenosti. Lijevi sivi blizanac je sastavljen samo od C, M, i Y bojila (36%, 33%, 29%), a K=0. Označene vrijednosti za desni sivi blizanac koji se odziva u infracrvenom spektru su: C, M i Y = 0%, a K=40% pokrivenosti. Maslinasti blizanac ima vrijednost: C, M, i Y bojila (38%, 40%, 98%), a K=0, a desni maslinasti blizanac na sl.4 i 5 ima vrijednost C, M, Y, K (4%, 4%, 79%, 40%) pokrivenosti.

Primijenjen je individualni oblik rasterskog elementa kao sekundarni dio sigurnosnog kamuflažnog sustava. IRD tehnologija se bazira na potpunoj poistovjećenosti boja blizanaca bojila. To je gotovo nemoguće postići. Boje se različito mijenjaju tijekom vremena, ovisno o sastavu komponenti bojila. Razvijeno je nekoliko postupaka koji se sastoje od uvođenja individualnih rastera te mijenjanje kuta rastriranja s pseudo slučajnim veličinama. U realnoj izvedbi kamuflažne odore za pojedine kanale boja primijenjuje se tekstilni materijal tiskan različitim linijaturama. Prepoznavanje rasterskog oblika otežava se s prstenastim oblikom manje

linijature od linijature točkastog rastera. Time se postiže „ulaženje jednog rasterskog elementa u drugi na „isprekidan način“ koji smanjuje snalaženju našim očima u eventualnoj grešci boja blizanaca bojila.

2.4. Modeli rasterskih oblika za INFRAREDESIGN tisak

Za INFRAREDESIGN tisak izrađeni su matematički izrazi (1), (2), (3) i (4) individualnih rasterskih oblika i njihove PostScript izvedbe za digitalnu tiskovnu formu, sl.6-9.

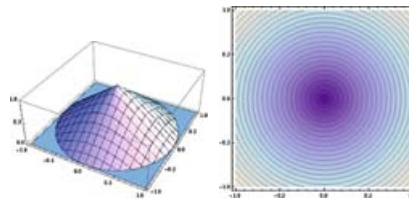
Kružni oblik definiran kao stožac zacrnjenja „r1“:

$$\sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

što se u PostScriptu piše:

```
/r1 {dup mul exch dup mul
add 1 exch sub} bind def
```

Popunjavanje rasterske ćelije se provodi tako dugo dok se ne postigne zadana pokrivenost



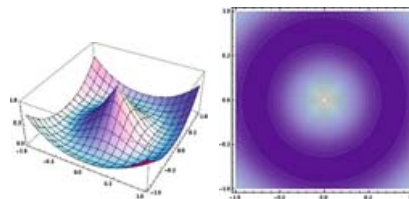
Sl.6 Ćelija kružnog rastera u 3D i 2D popunjavanju pokrivenosti

Prstenasti raster bez koncentričnih krugova j „JZVr20“:

$$\text{Abs}[\text{Sin}(2\sqrt{30}\sqrt{x^2 + y^2})0093] \quad (2)$$

što se u PostScriptu piše:

```
/JZVr20 {dup mul exch dup
mul add sqrt 120 mul sin
abs} bind def
```



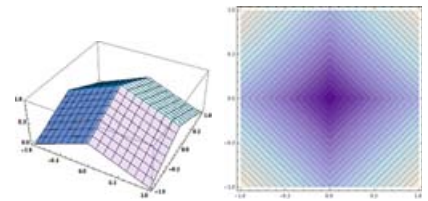
Sl.7 Ćelija prstenastog rastera u 3D i 2D popunjavanju pokrivenosti

Kvadratni, „kare“ oblik „r4“:

$$1 - \frac{1}{2} \text{Abs}(\text{Abs}(x) + \text{Abs}(y)) \quad (3)$$

što se u PostScriptu piše:

```
/r4 {abs exch abs add 2 div
1 exch sub} bind def
```



Sl.8 Ćelija kvadratnog rastera u 3D i 2D popunjavanju pokrivenosti

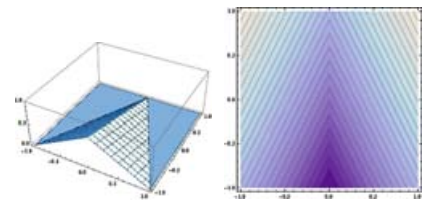
Trokutasti oblik:

Za prostor x (-1 do 1) i y (-1 do 1) postavljena je relacija:

$$\frac{2 * \text{Abs}(y) - x}{3} \quad (4)$$

što se u PostScriptu piše:

```
/trokut {neg exch abs 2 mul
neg add 2 add 3 div} bind
def
```



Sl.9 Ćelija trokutastog rastera u 3D i 2D popunjavanju pokrivenosti

Koristi se baza individualnih rastera, za svaku priliku drugih kombinacija. Razvedeni, nesimetrični rasteri, trigonometrijski rasteri i mutirajući oblici povećavaju ritam u ljudskom oku, povećavaju „dot gain“. Takvo programiranje rasterskih oblika poboljšava nevidljivost priljublivanja i dodira V i Z informacije. Granice između blizanaca istog tona postaju „vizualno mekše“ pa se time postiže bolja skrivenost Z informacije u vidljivom spektru.

2.5. Spektri bojila blizanaca

Pojedina bojila imaju sebi svojstvene domene, informacije koje se čitaju iz njihovih spektara, sl.10 [8]. Spektar od 400 do 1000 nm razdijeljen je na tri dijela: vidljivi, prelazni Z₁ i kamuflažni Z₂. U ovom radu su prikazana dva bojila: smeđe i zelene boje. Simulacija tih boja izvedena je u digitalnom tisku s procesnim bojilima čije vrijednosti udjela (%) su navedene u tab.1. Prikazane vrijednosti dobivene su nakon šest iteracija pode-

šavanja jednakosti boja u vidljivom dijelu spektra. Oba bojila imaju jednake vrijednosti karbon crne komponente od 40% pokrivenosti za Z bojila i 0% za V bojila.

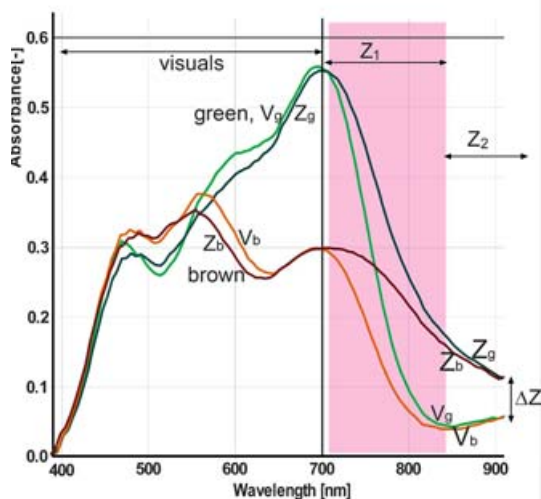
Tab.1 Udio C,M,Y,K (%) u procesnim bojilima-blizancima

	Vidljivi spektar C,M,Y,K	IR skrivena poruka C,M,Y,K
Zelena boja	85, 32, 94, 0	70, 0, 74, 40
Smeđa boja	48, 62, 90, 0	0, 58, 80, 40

Oba bojila imaju podjednake vrijednosti žute komponente, što se vidi na grafičkom prikazu u preklapanju u području spektra od 400 do 500 nm, koji daje informacije o žutom tonu digitalnog tiska.

Zeleno bojilo prikazano je na grafikonu zelenom bojom (V blizanac) i crnom bojom (Z blizanac). Smeđe bojilo je prikazano na grafikonu crvenom bojom (V blizanac) i tamno-smeđom bojom (Z blizanac) [9]. Za svaki par blizanaca cilj je bio slaganje V i Z boja u vidljivom dijelu spektra. Dva bojila dat će jednaki doživljaj boje za golo ljudsko oko. Ako se dvije grafike (s različitim bojilima, a jednakim bojama) tiskaju jedna pored druge, ljudsko oko ih neće razlikovati. Neće ih razlikovati niti RGB kamera iz sustava ZRGB kamera. Za

smeđi ton i za zeleni ton boje postignuta je vrijednost ukupne razlike u boji ΔE manja od 2 ($\Delta E_{\text{smeđa}} = 1,88$, $\Delta E_{\text{zeleni}} = 1,70$). Te vrijednosti mjere sličnost boja samo u vidljivom spektru, što je dato u teoriji upravljanja bojom tzv. „color management“. INFRAREDESIGN proširuje color management na bliski infracrveni spektar koji bi tada imao dvije veličine ΔE i ΔZ a sa svrhom uvođenja novih grafičkih mogućnosti kao „sakrivanje informacija“, „sigurnosna grafika“, „dvostruka slika“ [2]. Razdvajanje krivulja istog tona boje dat će ZRGB kameri mogućnost razlikovanja boja u bliskom infracrvenom spektru označeno kao ΔZ . Veličina ΔZ je razlika apsorpcije svjetla V bojila i Z bojila u infracrvenom spektru. Razlika ΔZ od 0.1 apsorpcije, dovoljna je da ZRGB kamere razlikuju grafike izvedene tim bojilima. Smeđa i zelena bojila imaju jednake vrijednosti u Z_2 dijelu spektra. To će omogućiti da tekst na vojnoj odori bude jednakog intenziteta za sva slova kada se promatra s infracrvenom kamerom. To vrijedi za sve boje na odori prikazanoj na sl.11. Spektri svih V bojila se spajaju u istoj točki koja je nižih vrijednosti od točke u kojoj se spajaju grafovi svih Z bojila. Područje od 700 do 850 nm autori rada nazivaju „prelazni Z_1 spektar“ budući da se u njemu dešava razdvajanje spektralnih vrijednosti bojila



Sl.10 Spektri četiri bojila: zelenog (gornje linije u vidljivom dijelu spektra) i smeđeg Z blizanca

blizanaca. Na istom grafikonu su namjerno prikazana dva bojila. Miješanje V i Z grafova ilustrira razlog zbog kojeg se filter za Z kameru pomaknuo na 1000 nm. U prelaznom Z_1 području miješaju se informacije koje dolaze od blizanaca. Svako bojilo ima svoj put u kontinuiranom napredovanju prema stabilnom stanju apsorpcije infracrvenog svjetla iznad 850 nm.



Sl.11 Zelenkasta uniforma s informacijama u infracrvenom (dolje) sakrivenim u vidljivom spektru (gore)

Prvi stupanj INFRAREDESIGN-a podrazumijeva poistovjećivanje odjeće s okolinom u vidljivom i infracrvenom spektru. Uniforme su dizajnirane u skladu s namjenom. Prema potrebi mogu biti s prevladavanjem zelene, plave, crne ili određene zadane boje. U prirodi flore zelena se kamuflažna odjeća ne razabire s infracrvenom kamerom ako su boje odjeće i oblici na odjeći slični okolini. Uniforme koje se koriste u urbanim sredinama podliježu drugačijim zahtjevima.

2.6. Informacija sakrivena od golog oka

Sakrivena informacija - Z grafika može biti tekst, crtež, posebni znak.



a)



b)

Sl.12 Maskirni dizajn u: a) vidljivom spektru (400 do 700 nm) i b) pri 1000 nm

Pristup ugradnje informacija u IR spektar kroz QR kod dodatno sakriva tekstualnu informaciju za što je kreirana mobilna IR kamera sa softverom za čitanje IR koda. Tiskani uzorak na tekstilnom materijalu, sl.12, sadrži i Z sliku koja je

sakrivena od golog oka. Sakrivena slika vidljiva je Z kamerom. Boje blizanaca su uređene tako da se golim okom ne vide informacije koje su ugrađene u sve procesne C,M,Y,K kanale. Metoda CMYKIR separacije je spojila dvije slike na način da je



Sl.13 Maskirni dizajn s blokadom na: a) 570 nm, b) 715 nm

početna V slika ostala jednaka za naše oči u vidljivom dijelu spektru.

Označavanje maskirnog dizajna u kojoj sakrivena informacija ima tekstualni oblik: „*TEKSTIL Scientific areas: Technical sciences; Textile technology*“ (sl.13b), i informaciju u QR bar- kodu koji daje podatke: „*Tekstil, časopis za tekstilnu tehnologiju i konfekciju*“. Ova QR bar-kod informacija može se pročitati u članku (sl.13) s različitim programima, kao npr.: *i-nigma*, s mobitela.

Rješava se realizacija tekstualne informacije kao uređene grafike u izmjeničnom ritmu s „igličastim“ modelom razbijanja rubova slova. Prekid grafike na „tamno / svijetle rezove“, izvedena je kao „nazupčana tipografija“ što je znatan doprinos u IRD tehnologiji sakrivanja objekta koji je opće poznat. Kao slova, npr.: Maskirni dizajn (sl.12) je skeniran s filtrima u blokadama na 570, 715 i 1000 nm. Na sl.13a filtrirana je žuta komponentu, a na sl.13b prikazan je kamuflažni dizajn bez magente i žute boje [10,11]. To je prelazni Z₁ spektar gdje se vide zaostali oblici vidljivog dijela spektra. Sl.12b jednaka je ulaznoj Z slici koja postoji u materijalu koji nosi sl.12a. To je prostor Z₂ spektra gdje nema nikakve informacije sa slike namijenjene vidljivom spektru.

Čim se upotrijebi neki filter, dolazi do „izviranja“ tekstualne i kodne informacije budući da je poremećen sklad procesnih bojila blizanaca po metodi CMYKIR [4], a s kojima je izveden tisak na platnu. Ostaje pitanje: kako napraviti komercijalne filtre za pojedine valne domene kao na primjer, „filtrirati samo cijan“ ili „filtrirati samo magentu?“ iz otiska na platnu. U tu svrhu korišten je forenzički instrument Projektina 4500 [12]. Za poziciju od 1000 nm korištena je ZRGB kamera koju proizvodi Foto-Soft [3].

Korištenje „blizanaca“ omogućuje da se na vojnoj odori prikažu skrivene informacije koje mogu biti kodirane ili kao općepoznati znak ili tekst vidljiv u infracrvenom dijelu spektra.

Tako predočene informacije mogu poslužiti vojnom izvidniku ili komandosu da pri povratku iz neprijateljskog područja bude prepoznat kao „prijateljski“ vojnik i izbjegne „prijateljsku vatru“ (fratercid). Isto tako korištenje „blizanaca“ simulacijom boja iz prirode na kamuflažnu vojnu odjeću, omogućuje se prikriveno djelovanje vojnika na bojnopolju. Navedenim koristima vojnik stječe taktičku prednost nad protivnikom, jer je prikriven u trenutku kada je to potrebno, a vidljiv i prepoznatljiv vlastitim postrojbama kada postoji opasnost da pogine od prijateljske vatre.

3. Zaključak

Obilježavanje vojne odore provodi se bojilima s dvostrukim odzivom: u vidljivoj i infracrvenom dijelu spektra. Bojilima za kamuflažnu vojnu odoru se simuliraju boje iz prirode, okoline u kojoj se nalazi vojnik. Skrivena informacija je stopljena u kamuflažnom dizajnu metodom razvedenih individualiziranih rastera. Dvije su prednosti takvog tiska vojne tkanine. Prvo, dobiva se tiskarska sigurnost na razini mikrostrukture nanosa bojila na tkaninu. Drugo, poboljšano je „vizualno spajanje“ dvaju različitih bojila istog tona boje koristeći svojstva percepcije, da oko dobro ne vidi vibrirajuće spojeve boja podjednagog tona. Kamuflažni IRD sustav koristi dvije veličine iz teorije „prošireni color management“. To su razlika sličnosti dvaju bojila ΔE za vidljivi spektar i razlika apsorpcije infracrvenog svjetla ΔZ . Te veličine su ključne u postupku sakrivanja i odgonetavanja sadržaja dviju grafika otisnutih na istom mje-

stu. Veličine ΔE i ΔZ su rezultat spektralne analize blizanaca bojila u prostoru od 400 do 1000 nm. ZRGB kamere razlučuju te veličine čime je omogućeno paralelno pregledavanje sakrivenih i otkrivenih podataka na vojnoj odori.

Postupak IRQR (infracrveno QR kodiranje) omogućuje vojniku da prikriveno djeluje na bojištu i neopaženo izvrši zadanu misiju. Osim boljeg uklapanje vojnika u prirodnu osnovu korištenjem tehnologije (dizajna) infracrvenog zračenja (IRD), korištenje „blizanaca“ omogućuje da se na vojnoj odori prikažu skrivene informacije koje mogu biti kodirane.

Naučene lekcije iz prošlih bitaka, kao i iskustva iz trenutnih vojnih operacija, moraju biti prenesena u nove operative zahtjevima vezane za identifikaciju „prijatelj ili neprijatelj“ (IFF). Infrared design na vojnoj uniformi povećava situacijsku svjesnost na bojištu i smanjuje rizik od fratercida na bojnopolju. Važna značajka je da pritom ne ometa vojnika u borbi.

Literatura:

- [1] Žiljak V., K. Pap, K., I. Stanimirović Žiljak, J. Vujić Žiljak: Managing dual color properties with the Z- parameter, *Infrared physics & technology* 55 (2012) 4; 326-336
- [2] Vujić Žiljak J., A. Agić, I. Stanimirović Žiljak, M. Nassirzadeh: Theory of twin colorants response in visual and infrared spectrum, 7th International symposium GRID, Proceedings, p: 289-294, ISBN: 978-86-7892-645-7 edit, D. Niovaković, 2014
- [3] Žiljak V., K. Pap, I. Stanimirović Žiljak: Delopment of a prototype for ZRGB INFRAREDESIGN

device. // *Technical Gazette*. 18 (2011) 2; p:153-159

- [4] Žiljak V., K. Pap, I. Žiljak: “CMYKIR security graphics separation in the infrared area”, *Infrared Physics and Technology* Vol. 52 (2009) No.2-3, ISSN 1350-4495, Elsevier B.V. DOI:10.1016/j.infrared.2009.01.001, p: 62-69
- [5] Stanimirović Žiljak I., J. Vujić Žiljak, N. Stanic Loknar: Marking of the camouflage uniform for visual and near infrared spectrum, *Technics Technologies Education Management*, Vol 8. (2013) No. 3. 2013, 920-926, ISSN 1840-1503
- [6] Pap K., I. Žiljak, J. Vujić Žiljak: Image reproduction for near infrared spectrum and the INFRAREDESIGN theory, *Journal of Imaging Science and Technology*, vol. 54 (2010) no. 1, pp.10502-1-10502-9(9)
- [7] Vujić Žiljak J.: Sigurnosna grafika, individualizacija vrijednosnih papira i rasterski modeli, Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2014. P:180, ISBN: 978-953-7048-33-4
- [8] Žiljak I., K. Pap, J. Žiljak Vujić: „Infrared design on textiles as product protection“, *Tekstil* 58 (2009.) 6, 239-253
- [9] Agić D., I. Žiljak Stanimirović, A. Agić: Appliance of twins as a waw for achieving secure hidden image in infrared technology, *Polytechnic and Design* Vol. 2 (2014) No. 2
- [10] Bernašek A., J. Žiljak Vujić, V. Ugljašić: Vizualni i infracrveni spektar za bojila digitalnog tiska, *Polytechnic and Design*, Vol 2. (2014) No 2
- [11] Žiljak V., J. Akalović J., J. Žiljak Vujić: Upravljanje bojilima na koži u vizualnom i infracrvenom spektru, *Tekstil* 60 (2011.) 8, 355-363
- [12] Projektina Docucentar 4500, AG Switzerland, <http://forensictechnology.com/projectina/>

SUMMARY**Simulation the colors from nature
with twins dyes to camouflage military uniform***J. Žiljak Vujić¹, M. Zečević², V. Žiljak³*

INFRAREDESIGN is based on the idea of merging graphics of two colour groups with the same color tone; the dyes V (visual) and dyes Z (near infrared). The concept of twins is introduced through the same color in the visual spectrum in the system of filling the RGB color (red, green, blue). The twin dyes absorb a wavelength of infrared light differently. The twin dyes differ only by the value of the absorption of the NIR light at 1000 nm. By simulating nature colors to camouflage military clothes, the goal is successfully reached; the integration of soldiers into a natural environment, which is surrounded by two spectral regions: visual and infrared. The infrared dye carries hidden information that is revealed under planned conditions. The procedure of INFRAREDESIGN technology allows a soldier to covert acts on the battlefield and perform a given mission undetected. The IRD Information is invisible to the naked eye. The Z - IR camera has a double purpose: to discover a hidden picture and make it possible to read the information.

Key words: military uniforms, INFRAREDESIGN, individually rasterization, spectrum of twin dyes

¹*Polytechnic of Zagreb,*

²*Croatian Defence Academy „Petar Zrinski“*

³*University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts
Zagreb, Croatia*

e-mail: vilko@ziljak.hr

Received December 5, 2014

**Simulation der natürlichen Farben mit Farbstoffzwillingen
zur Tarnung von militärischen Uniformen**

INFRAREDESIGN basiert auf der Idee, graphische Darstellung von zwei Farbgruppen mit demselben Farbton zu vereinen; V Farben (visuell) und Z Farben (Nah-Infrarot). Das Konzept von Zwillingen wird über dieselbe Farbe im sichtbaren Spektrum in das System zum Füllen des RGB (rot, grün, blau) eingebracht. Die Farbstoffzwillinge absorbieren die Infrarotlicht-Wellenlänge unterschiedlich. Die Farbstoff-Zwillinge unterscheiden sich nur durch den Wert der Absorption des NIR-Lichts bei 1000 nm. Durch die Simulation der natürlichen Farben zur Tarnung von militärischen Uniformen ist das Ziel erfolgreich erreicht; die Integration von Soldaten in einer natürlichen Umgebung, die durch zwei Spektralbereiche umgeben ist: visuelle und Infrarot. Die Infrarotfarbe trägt versteckte Informationen, die unter geplanten Bedingungen gezeigt werden. Das Verfahren der INFRAREDESIGN-Technologie ermöglicht den Soldaten, verdeckt auf dem Schlachtfeld zu handeln und eine gegebene Mission unbemerkt durchzuführen. Die IRD Information ist unsichtbar, vor unseren Augen geschützt. Z - IR-Kamera hat eine doppelte Aufgabe, Informationen zu erkennen und zu lesen.